MIKOŁAJ KORZUN

1000 SŁÓW O MATERIAŁACH WYBUCHOWYCH I WYBUCHU

Wydawnictwo
Ministerstwa
Obrony
Narodowej

Opiniodawca

DIONIZY SMOLEŃSKI

Redaktor
CZESŁAWA WERULIK

Okładkę projektował
WALDEMAR ŻACZEK

Redaktor techniczny
DANUTA WDOWCZYK

Zdjęcie na okładkę
MIKOŁAJ KORZUN

Korzun Mikołaj: 1000 słów o materiałach wybuchowych i wybuchu. Wydanie I. Warszawa 1986. Wydawn. Min. Obrony Nar. 16° s. 272 i 23 tab.

UKD 662. 1/4
Materiały wybuchowe

W książce przedstawiono hasła dotyczące chemii materiałów wybuchowych, fizyki wybuchu, metod badawczych, środków strzałowych, przemysłowych i militarnych zastosowań materiałów wybuchowych, osób, które przyczyniły się do stworzenia i rozwoju przemysłu materiałów wybuchowych, a także nie opublikowanej dotychczas historii budowy i rozwoju przemysłu materiałów wybuchowych w Polsce w okresie międzywojennym.

ISBN 83-11-07044-X

Od autora

Fundamentalnym czynnikiem rozwoju ludzkości jest wytwarzanie i władanie przez nią źródłami energii. Umiejętność odkrywania źródeł i ich poznawanie, a ponadto posiadanie perspektywicznych metod spożytkowania i kierowania nimi, systematycznie zwiększają możliwości człowieka, przesuwając je poza obszar znanych obecnie w naturze procesów tworzenia.

Człowiek wykorzystuje energię kinetyczną wiatru, ruchu wody czy też chemicznego rozpadu w procesie spalania. Nauczył się gromadzić energię podczas zadawania ciosu, napinania cięciwy łuku, ściskania sprężyny, a także poznał sposoby zwiększania skutków jej działania poprzez stosowanie dźwigni, bloczków, śrub lub innych rozwiązań mechanicznych.

Odkrycie i poznanie natury materiałów wybuchowych, ogólnie mówiąc energii wybuchu, a w szczególności wyzwalania, stosowania i kierowania nią, przyczyniło się do ogromnego wzrostu roli człowieka w świecie i uniezależnienia się od wielu naturalnych ograniczeń fizycznych, dotyczących jego osoby i otoczenia.

Ludzkość realizuje wspaniałe projekty związane z przeobrażaniem przyrody. Buduje gigantyczne kanały, przegradza cieśniny morskie, wydobywa miliardy ton bogactw naturalnych, odwraca biegi rzek, przebija tunele pod dnem morskim, otwiera dostęp do wnętrza Ziemi, a nawet do poznania otaczającego nas Wszechświata.

Wiodącą rolę w powyższym odgrywają wybuchy — fascynujące zjawisko przyrody. Ich siła i różnorodność nieprzerwanie wzrastają, właściwości zadziwiają, zaś moc przerasta wyobrażenia. Ta „skupiona cząstka ludzkiej woli" w walce o lepsze życie, będąc w coraz większym stopniu poznawana i opanowana przez człowieka, coraz skuteczniej przenika do wszystkich sfer jego działalności.

Nowość i nowoczesność tej problematyki oraz coraz większa jej inżynierska powszechność były głównym powodem opracowania niniejszego słownika. Należy zaznaczyć, że jest to pierwsze tego

rodzaju wydanie książkowe w naszym kraju z dziedziny materiałów wybuchowych, co mogło stać się przyczyną jego niedociągnięć. Mając na uwadze dotkliwy brak dostępnych obecnie publikacji na temat historii przemysłu materiałów wybuchowych w naszym kraju w okresie międzywojennym oraz jego twórców, podjąłem się szczególnie trudnego, ale jakże, według mnie, wdzięcznego zadania odtworzenia jej na podstawie ustnych relacji i dokumentów, posiadanych przez żyjących jeszcze pionierów tej dziedziny. Ta część pracy była bardzo interesująca i szczególnie satysfakcjonująca.

Jeżeli opracowane i przedstawione hasła dotyczące historii, chemii i fizyki materiałów wybuchowych i wybuchu, metod badawczych, osób, które przyczyniły się do stworzenia ich i rozwoju, a także militarnych jak i pokojowych zastosowań energii wybuchu, będą w pewnym stopniu przydatne Czytelnikowi i przybliżą Mu tę dotychczas mniej od innych znaną gałąź wiedzy, to myślę, że książka spełni swoją rolę.

Książka napisana jest w formie słownika znaczeniowego. Objętość przedstawionych definicji haseł jest zróżnicowana. Wynikło to z chęci w miarę szczegółowego przedstawienia historii rozwoju przemysłu materiałów wybuchowych w Polsce po odzyskaniu niepodległości, zwłaszcza że brakuje na ten temat publikacji.

W niektórych hasłach, głównie biograficznych, nie podano pełnej informacji, np. imienia, dat itp., ponieważ brak ich w literaturze źródłowej, dostępnej dla autora.

Jestem bardzo wdzięczny Panu Profesorowi Dionizemu Smoleńskiemu, zmarłemu w 1984 r., za udzielenie cennych i życzliwych wskazówek w trakcie opracowywania książki.

Serdecznie dziękuję również tym, którzy udostępniając rodzinne pamiątki, dokumenty oraz wiadomości przyczynili się do zebrania cennych informacji o treści historycznej, zawartych w niniejszym słowniku.

dr inż. Mikołaj Korzun

Warszawa, 13 czerwca 1983 r.

A

A, oznaczenie jądrowej i termojądrowej (atomowej) broni masowego rażenia.

A-IX-2, mieszanina heksogenu, aluminium i wosku w stosunku 73/23/4.

A-589, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 86% oktogenu i 14% polibutadienu, detonujący z prędkością 8,26 km/s przy gęstości 1,66 g/cm³.

Abbot, XIX w., chemik, który na podstawie wielu doświadczeń (umieszczał w morzu w różnych odległościach od miny mocowanej na pływakach sześć urządzeń kreszerowych, zaopatrzonych w cylinderki z ołowiu) opracował wzór na energię uderzenia:

$$E = \frac{m\sqrt{P}}{d^2}$$; gdzie: m — liczba charakterystyczna dla każdego mat. wybuch., P — masa mat. wybuch., d — odległość od źródła wybuchu. Wzór ten dotyczy przede wszystkim wybuchu w wodzie.

ABC, skrócona nazwa broni masowego rażenia: atomowej (A), biologicznej (B) i chemicznej (C).

Abel Fryderyk, XIX w., angielski chemik wojskowy. Opracował m.in. metodę stabilizowania bawełny strzelniczej (opatentował ją, a w 1865 r. powstała w Stowmarket fabryka, wykorzystująca tę metodę); wraz z A. Noblem w 1880 r. opracował, na podstawie wzorów Mariotte'a i Gay Lussaca, wzór na obliczanie ciśnienia podczas wybuchu mat. wybuch.; opracował tzw. „angielską" próbę stałości prochu (w temperaturze 65°C z papierem jodo-skrobiowym jako wskaźnikiem, zaś później nasycanym roztworem fioletu metylowego); w 1890 r. wraz z Dewarem wynalazł trzeci rodzaj prochu bezdymnego, sporządzony z nitrocelulozy i nitrogliceryny, żelatynizowanych za pomocą wspólnego rozpuszczalnika — acetonu; autor wielu prac z dziedziny chemii mat. wybuch.

Abela-Nobla wzór, na obliczenie ciśnienia wytwarzanego podczas wybuchu, opracowany w 1880 r. na podstawie wzorów Mariotte'a i Gay Lussaca przez **F.** Abela i **A.** Nobla:

$$p = \frac{f\Delta}{1 - a\Delta}$$; gdzie: f — „ciśnienie właściwe", ciśnienie jednostki wagowej mat. wybuch. w jednostce objętości ($f = \frac{p_0 V_0}{273} \cdot T$, ponieważ $p_0 = 1$ atm. $= 1{,}033$ kG/cm² stąd $p = \frac{1{,}033\, V_0 T_0}{273}$ kG/cm²), Δ — gęstość ładunku w g/cm³, a — współczynnik (stała, tzw. kowolumen, wyrażająca nieściśliwą objętość gazów wynoszącą według pomiarów Amagat $0{,}001 \cdot V_0$).

Abla próba, patrz próba Abla.

acetylen — C_2H_2, etyn; najprostszy węglowodór nienasycony o potrójnym wiązaniu. Bezbarwny gaz o słabym zapachu aromatycznym, lżejszy od powietrza; temperatura sublimacji 83,4°C, wrzenia 84,8°C; spala się świecącym płomieniem. Nietrwały, skroplony i zestalony rozkłada się wybuchowo, gazowy wybucha pod ciśnieniem > 0,2 MPa (2 atm),

z powietrzem tworzy mieszaninę wybuchową o zawartości 3—79% a.

acetylenek miedziawy, patrz acetylenki.

acetylenki, związki chemiczne, powstające przez zastąpienie atomu wodoru przez metal w acetylenie lub jego pochodnych. Większość a. metali ciężkich ma własności inicjujące. Praktyczne znaczenie ma acetylenek miedziawy Cu_2C_2, który otrzymuje się w wyniku działania acetylenu na amoniakalny roztwór soli miedziawych. Jest to rdzawy lub brunatnoczerwony proszek, łatwo zapalający się od rozżarzonego drutu lub iskry elektrycznej. Stanowi główny składnik mas zapałowych w zapalnikach elektrycznych.

aktywna część ładunku kumulacyjnego, część ładunku mat. wybuch., zużyta na utworzenie strumienia kumulacyjnego.

akwatole, mieszaniny saletry amonowej z trotylem, wodą oraz dodatkami żelatynizującymi (np. 50—70% saletry amonowej, 15—30% trotylu, zazwyczaj granulowanego, 10—20% wody z substancją żelatynizującą). Jako substancję żelatynizującą stosuje się krochmal, guar gum oraz specjalnie przygotowane żele. Często wykorzystuje się dodatek pyłu aluminiowego. Zaletą a. jest mała wrażliwość na czynniki mechaniczne, zaś wadą konieczność stosowania silnych ładunków inicjujących.

alumatol, mieszanina 77% saletry amonowej, 20% trotylu i 3% aluminium.

amatex, mat. wybuch. będący mieszaniną trójnitrotoluenu, saletry amonowej i heksogenu.

amatol, mieszanina wybuchowa kruszących mat. wybuch. stanowiąca odmianę amonitu, stosowana powszechnie zamiast silnych materiałów kruszących, takich jak trotyl, heksogen, tetryl, pentryt i innych. Istnieją różne rodzaje a. Zależnie od procentowej zawartości azotanu amonu, jako zamiennika trotylowego, rozróżnia się a. 40%, 50%, 60% lub 80%. Im większa zawartość azotanu amonu, tym mniejsza siła wybuchu a., bardziej zbliżona do podstawowych parametrów wybuchowych czystego azotanu amonu, czyli: prędkość detonacji ok. 2700 m/s, temperatura wybuchu ok. 1500°C, ciepło wybuchu 345 kcal/kg. Są to parametry ok. dwukrotnie gorsze od parametrów wybuchowych trotylu, z wyjątkiem objętości gazów uzyskiwanych z 1 kg (dla a. wynosi ona 980 l, dla trotylu 690 l). A. ma mniejszą moc wybuchu niż trotyl, jest nieco wrażliwszy na uderzenie, bardziej higroskopijny i skłonny do zbrylania. A. był szeroko stosowany w czasie I i II wojny świat. jako zastępczy mat. wybuch., służący do napełniania pocisków artyleryjskich, bomb lotniczych i min morskich; jest również wykorzystywany w technice górniczej.

Najczęściej stosowane amatole

Nazwa	Skład (%)	
	azotan amonu	trotyl
Amatol 40/60	40	60
Amatol 50/50	50	50
Amatol 60/40	60	40
Amatol 80/20	80	20
Amatol 90/10	90	10

amatol T, mat. wybuch. stosowany w czasie I wojny świat. o składzie: 45% azotanu amonu, 30% trotylu, 23% glinu i 2% węgla drzewnego.

ammonex 1, mat. wybuch. o prędkości detonacji 4000 m/s przy gęstości 1,0 g/cm^3, cieple wybuchu 3923 kJ/kg (937 kcal/kg), objętości gazów wybuchowych 940 l/kg.

amogel, handlowa nazwa jednego z półżelatynowych amerykańskich mat. wybuch.

amonal, alumatol, krusząca mieszanina wybuchowa z grupy amonitów, składająca się z azotanu amonu (45—78%), trotylu (8—30%) i sproszkowanego aluminium (7—25%). Odznacza się wysoką temperaturą produktów wybuchowych, spowodowaną silną eg-

zotermiczną reakcją utleniania aluminium. Był stosowany w okresie I i II wojny świat., głównie do napełniania min morskich, torped i bomb głębinowych.

amonal angielski, mat. wybuch. o składzie: 65% azotanu amonu, 15% trotylu, 17% glinu i 3% węgla (patrz amonal).

amonal francuski, mat. wybuch. o składzie: 65% azotanu amonu, 15% trotylu, 10% glinu, 10% węgla (patrz amonal).

amonal niemiecki, mat. wybuch. o składzie: 54% azotanu amonu, 30% trotylu, 16% glinu (patrz amonal).

amonal T austriacki, mat. wybuch. o składzie: 45% azotanu amonu, 30% trotylu, 23% glinu oraz 2% czerwonego węgla drzewnego.

amonit, amonosaletrzana krusząca mieszanina wybuchowa, zawierająca oprócz palnego azotanu amonu, jako utleniacza, składniki w postaci związków o własnościach wybuchowych (np. nitrozwiązki) oraz dodatków niewybuchowych (np. aluminium, mączka drzewna). W zależności od rodzaju użytych składników a. nazywany jest amatolem (trotyl i azotan amonu), amonalem (azotan amonu, trotyl, aluminium) lub sznajderytem (azotan amonu, dwunitronaftalen). Znany jest również tzw. amonit skalny stosowany w górnictwie, w skład którego wchodzi azotan amonu, trotyl, dwunitronaftalen, mączka drzewna oraz nitrogliceryna (jako 4% dodatek w celu zwiększenia wrażliwości). A. należą do mat. wybuch., które charakteryzują się nieskomplikowaną technologią wytwarzania. Cechuje je mała wrażliwość na bodźce cieplne i mechaniczne, a więc są bezpieczne podczas produkcji, transportu i w użyciu. Wadą jest tendencja do zbrylania się i higroskopijność. W czasie II wojny świat. były szeroko stosowane jako zastępcze mat. wybuch. do napełniania pocisków oraz w pracach saperskich. W przemyśle wykorzystuje się je do prac wybuchowych na powierzchni ziemi, w kopalniach niewęglowych, a także w niektórych kopalniach węgla.

amonit 0, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 3360 m/s.

amonit 1, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 4850 m/s, temperaturze wybuchu 2460°C, cieple wybuchu 964 kcal/kg i objętości gazów wybuchowych 906 l/kg.

amonit 3, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 2250—2500 m/s.

amonit 5, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 3000—3500 m/s, temperaturze wybuchu 2640°C, cieple wybuchu 1184 kcal/kg, objętości gazów wybuchowych 765 l/kg.

amonit 6, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 2490 m/s.

amonit 6 ŻW, radziecki saletrzano-amonowy mat. wybuch. o prędkości detonacji 3600—4800 m/s przy gęstości usypowej 0,85—0,90 g/cm³, średnicy krytycznej 10—13 mm, cieple wybuchu 4320 kJ/kg, temperaturze wybuchu 2960°C.

amonit 7 ŻW, radziecki saletrzano-amonowy mat. wybuch. o prędkości detonacji 3500—4000 m/s, gęstości usypowej 0,78—0,83 g/cm³, średnicy krytycznej 11—13 mm, cieple wybuchu 4180 kJ/kg, temperaturze wybuchu 2850°C.

amonit 8, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 3060 m/s.

amonit 9 ŻW, radziecki saletrzano-amonowy mat. wybuch. o prędkości detonacji 3000—3500 m/s, gęstości usypowej 0,72—0,78 g/cm³, średnicy krytycznej 20—25 mm, cieple wybuchu 3600 kJ/kg, temperaturze wybuchu 2460°C.

amonit 10 ŻW, radziecki saletrzano-amonowy mat. wybuch. o prędkości detonacji 3200—3600 m/s, gęstości usypowej 0,75—0,80 g/cm³, średnicy krytycznej 15—20 mm, cieple wybuchu 3800 kJ/kg, temperaturze wybuchu 2610°C.

amonit PŻW-20, radziecki saletrzano-amonowy mat. wybuch. o prędkości detonacji 3500—4000 m/s, gęstości usypowej 1,10—1,18 g/cm³, średnicy krytycznej 12—14 mm, cieple wybuchu 3420 kJ/kg, temperaturze wybuchu 2220°C.

amonit węglowy, patrz karbonity węglowe.

AN, skrót od Ammoniumnitrat — saletra amonowa.

Anczarski Władysław, ur. 1908 r., absolwent Politechniki Warszawskiej (1933), specjalista w dziedzinie technologii mat. wybuch. Przed II wojną świat. pracownik działu badawczego Centralnego Laboratorium *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*, następnie kierownik oddziału nitrogliceryny i nitrozwiązków w nowo budowanej *Państwowej Wytwórni Prochu w Krajowicach* k. Jasła. Prowadził badania nad kwasem pikrynowym i produkcją ciasta prochowego. Autor kilku artykułów i patentów.

andex 1, mat. wybuch. o cieple wybuchu 904 kcal/kg (3781 kJ/kg), gęstości 0,9 g/cm³, objętości gazów wybuchowych 976 l/kg.

anilina, $C_6H_5 \cdot NH_2$, aminobenzen, fenyloamina, najprostsza amina aromatyczna o dużym znaczeniu przemysłowym. Bezbarwna, oleista ciecz, o temperaturze topnienia — 6°C, wrzenia 184°C. Częściowo rozpuszczalna w wodzie, całkowicie w alkoholu i eterze; lotna z parą wodną. Toksyczna, łatwo wchłaniana do ustroju przez skórę. Z kwasami tworzy sole. Stosowana w przemyśle półproduktów i barwników, w przemyśle farmaceutycznym, organicznym, do produkcji mat. wybuch., jako paliwo rakietowe.

anilite, francuska mieszanina N_2O_4 z butanem.

antydetonatory, dodatki przeciwstukowe, substancje dodawane do benzyn w celu zwiększenia liczby oktanowej. Najczęściej stosowane to czteroetylek i czterometylek ołowiu. Wchodzą one w skład tzw. płynu etylowego mieszanego w odpowiedniej proporcji z benzynami silnikowymi (etylizowanie). Ze względu na ochronę atmosfery przed zanieczyszczeniem toksycznymi związkami ołowiu, wprowadza się ostatnio w wielu krajach przepisy znacznie ograniczające dopuszczalną zawartość ołowiu w benzynie (do 0,45 lub 0,15 g/dm³).

antywybuchowe pojemniki na benzynę, *Explosafe*, naczynia opracowane przez brytyjską firmę *Expanded Metal Company*. Pozwalają one na umieszczenie zbiorników paliwa samochodów osobowych wewnątrz komory silnikowej, co dotychczas było zabronione. Są to sitka lub siteczka z lekkiego stopu aluminiowego (ok. 30 g na każdy litr paliwa, co zajmuje ok. 1% objętości zbiornika) zanurzone w paliwie. Metalowa siateczka służy do natychmiastowego odprowadzenia ciepła z miejsca o podwyższonej temperaturze, nie dopuszczając do osiągnięcia punktu zapłonu cieczy. Również w razie pojawienia się ognia siateczka wygasi czoło płomienia. Podczas badań testowych w Anglii pojemnik z siateczką, zawierający 225 l paliwa lotniczego, wytrzymał 30 przestrzeleń pociskami smugowymi — nie wybuchając. *Explosafe* szybko zainstalowano w zbiornikach paliwa pojazdów używanych przez siły bezpieczeństwa oraz w samochodach wyścigowych. Planuje się wykorzystanie tego pomysłu w samolotach, poduszkowcach i innych pojazdach. W tego typu pojemnikach można przechowywać inne ciecze o niskiej temperaturze zapłonu.

apcomite, handlowa nazwa jednego z półżelatynowych amerykańskich mat. wybuch.

Arrheniusa równanie, wyrażające zależność stałej szybkości reakcji chemicznej **k** od temperatury: $\mathbf{k} = \mathrm{B} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{E}/\mathrm{RT}}$ gdzie: e = 2,71 — podstawa logarytmów naturalnych, B — stała, R — stała gazowa, E — energia aktywacji. Jest to podstawowe równanie kinetyki chemicznej.

astralit powietrzny, mat. wybuch. zaliczany do dynamitów powietrznych, zawierający 4% nitrogliceryny, 77% saletry amonowej, 7% trotylu, 2% mączki drzewnej oraz 10% soli kuchennej. Jest to typowy bezpieczny mat. wybuch. stosowany w przemyśle niemieckim.

ASŻG, amerykański przemysłowy mat. wybuch. o składzie: 94% granulowanej saletry amonowej i 6% ciekłego materiału pędnego, o prędkości deto-

nacji 6049 m/s przy gęstości 1,40 g/cm³, ciepło wybuchu 3064 kJ/kg.

azotan amonu, NH_4NO_3, saletra amonowa, najpowszechniej stosowany utleniacz w mieszaninach wybuchowych; biała substancja krystaliczna o temperaturze topnienia 169,6°C, gęstości 1,725 g/cm³ (w 20°C); w zależności od temperatury występuje w pięciu odmianach polimorficznych. Każdej *zmianie fazy krystalicznej, w temperaturach* 18°C, 32,1°C, 84,2°C, 125,2°C, towarzyszy zmiana gęstości (objętości) kryształów i wydzielanie lub pochłanianie ciepła. A.a. jest bardzo higroskopijny, dobrze rozpuszczalny w wodzie (w 15°C 100 g wody rozpuszcza 200 g a.a.), ciekłym amoniaku, rozpuszczalny w metanach i etanolu. Przechowywany na powietrzu *przy zmiennej wilgotności ulega zbryleniu*. W temperaturze pokojowej dostatecznie trwały chemicznie, w temperaturze powyżej 160°C rozkłada się na kwas azotowy i amoniak; powoli ogrzewany do 220°C rozpada się na podtlenek azotu (N_2O) i parę wodną, zaś w temperaturze powyżej 300°C wybucha z wydzielaniem azotu, wolnego tlenu i pary wodnej. Czysty *a.a. ma słabe własności wybuchowe;* ciepło wybuchu 346 kcal/kg, prędkość detonacji 1100—2700 m/s. Mało wrażliwy na bodźce zewnętrzne, wymaga użycia bardzo mocnego detonatora w celu wywołania detonacji. Wprowadzenie do a.a. nieznacznych ilości substancji organicznych powoduje wzrost jego własności wybuchowych i wrażliwości. Ze względu na wydzielanie *się w czasie rozpadu* wybuchowego wyłącznie produktów gazowych, w tym wolnego tlenu (1 g a.a. daje 0,2 g tlenu), znalazł on szerokie zastosowanie jako utleniacz w mieszaninach wybuchowych kruszących oraz częściowo w stałych paliwach rakietowych. Mieszaniny kruszące a.a. tworzy się z nitrozwiązkami (amonity, amonale, sznajderyt). Mieszanina 95% a.a. i 5% ciekłego paliwa (nafta, olej, ropa naftowa) używana jest jako nowoczesny tani górniczy mat. wybuch. A.a. jest cennym nawozem sztucznym o dużej (około 35%) zawartości azotanu przyswajalnego. Otrzymuje się go w wyniku syntezy amoniaku z kwasem azotowym w postaci krystalicznej lub granulowanej. Często stosuje się dodatki w celu obniżenia jego higroskopijności oraz podatności na zbrylenie.

azotan celulozy, nitroceluloza, produkt włóknisty otrzymywany przez działanie mieszaniną kwasu azotowego *i siarkowego* na oczyszczoną *celulozę* drzewną lub bawełnianą (linters), a następnie stabilizację, czyli działanie wodą i słabymi alkaliami w podwyższonej temperaturze, w celu usunięcia resztek kwasów i rozłożenia nietrwałych składników. W zależności od zawartości wody w mieszaninie kwasów (mieszaninie nitrującej) otrzymuje się a.c. o różnej zawartości azotu (stopnia *estryfikacji) i o różnym zastosowaniu:* około 10,5% N (rozpuszczalne w alkoholu) — do lakierów spirytusowych i klejów; ok. 11,0% N — do wyrobu celuloidu; ok. 11,8% N — do wyrobu klejów oraz lakierów i emalii nitro, a także do produkcji prochów nitroglicerynowych, żelatyny wybuchowej i dynamitów; ok. 12,2—13,3% N — do wyrobu prochów nitrocelulozowych. *Poszczególne odmiany a.c. mogą* się także różnić masą cząsteczkową, która charakteryzuje lepkość roztworu acetonowego. Lepkość nitrocelulozy przeznaczonej do wyrobu lakierów zmniejsza się celowo przez ogrzanie w wodzie, często pod zwiększonym ciśnieniem. Sucha nitroceluloza jest wybuchowa (nawet przy zawartości do 20% wody) i łatwo palna, dlatego *transportuje się* ją w beczkach stalowych w postaci zwilżonej wodą lub alkoholem etylowym. A.c. jest rozpuszczalny w wielu rozpuszczalnikach polarnych; w estrach (octan etylu, octan butylu), ketonach (aceton, cykloheksanon) i ich mieszaninach z węglowodorami aromatycznymi (benzen, toluen) oraz w mieszaninach alkoholu i eteru.

azotan metylu, CH_3ONO_2; ester kwasu azotowego o temperaturze wrzenia 65—66°C, otrzymywany jest przez nitrowanie alkoholu metylowego tak

samo jak przy nitrowaniu gliceryny. W czasie II wojny świat. Niemcy stosowali ten związek do napędu rakietowego pod nazwą myrol.

azotan pentaerytrytu, patrz pentryt.

azotany organiczne, patrz estry kwasu azotowego.

azotowodorowy kwas, HN_3; słaby kwas, bezbarwna ciecz o ostrym zapachu; temperatura topnienia — 80°C, temperatura wrzenia 37°C, trujący. Bardzo nietrwały, pod wpływem ogrzewania lub tarcia rozkłada się wybuchowo na azot i wodór. Ma silne działanie utleniające. Praktyczne znaczenie mają jego sole (azydki) o działaniu wybuchowym, z wyjątkiem azydków metali alkalicznych. Azydek ołowiu $Pb(N_3)_2$ jest popularnym inicjującym mat. wybuch., używanym np. w spłonkach.

azotowy kwas, HNO_3; mocny kwas, bezbarwna ciecz w praktyce zawsze zabarwiona na żółto tlenkami azotu. Temperatura topnienia — 41°C, wrzenia 84°C, gęstość 1513 kg/m³. Tworzy sole — azotany $MeNO_3$, silny utleniacz. Stosowany do produkcji nawozów azotowych, mat. wybuch., do trawienia metali, jako utleniacz do paliw rakietowych, w chemii organicznej itp. W silnikach rakietowych na ciekły materiał pędny stosowany powszechnie jako utleniacz, najczęściej w postaci tzw. dymiącego a.k. z dodatkami osłabiającymi jego agresywność.

azydek ołowiu, $Pb(N_3)_2$; podstawowy inicjujący mat. wybuch. stosowany do wyrobu spłonek detonujących. Charakteryzuje się bardzo szybkim przechodzeniem palenia w detonację, dzięki czemu ma największą zdolność pobudzania innych mat. wybuch. do detonacji (np. detonację 1 g trotylu powoduje a.o. w ilości zaledwie 0,025 g, podczas gdy piorunianu rtęci potrzeba aż 0,29 g). A.o. jest białą substancją krystaliczną o gęstości 4,73 g/cm³, nierozpuszczalną w wodzie; w stanie wilgotnym nie traci właściwości wybuchowych. Kwasy, zasady, dwutlenek węgla w obecności wilgoci rozkładają go. W zetknięciu z miedzią a.o. w stanie wilgotnym tworzy bardzo wrażliwy i wobec tego bardzo niebezpieczny azydek miedzi, dlatego w spłonkach zaprasowuje się go w osłonach aluminiowych. Jest mało wrażliwy na płomień; w spłonkach detonujących umieszcza się dodatkowo nad nim warstwę bardziej wrażliwego inicjującego mat. wybuch. A.o. produkuje się w postaci granulowanej z niewielkim dodatkiem parafiny lub dekstryny.

azydki organiczne, związki chemiczne, spośród których dwa mają pewne znaczenie teoretyczne jako materiały inicjujące: trójnitrotrójazydobenzen i trójazydek cyjanuru. Pierwszy otrzymuje się w wyniku działania NaN_3 na trójchlorotrójnitrobenzen, zaś drugi w wyniku reakcji

$$HCN \xrightarrow{Cl_2} CNCl \longrightarrow (CNCl)_3 \xrightarrow{NaN_3} (CN)_3(N_3)_3$$

Trójnitrotrójazydobenzen okazał się niedostatecznie trwały (zaczyna się rozkładać już w temperaturze 35°C). Trójazydek cyjanuru jest zbyt niebezpieczny w manipulowaniu.

B

B; 1) oznaczenie biologicznej broni masowego rażenia (broń B); 2) patrz kompozycja B.

B 4, włoska mieszanina 60—70% trójnitroanizolu i 30—40% aluminium.

Babul Wiktor, ur. 1924 r., prof. Wojskowej Akademii Technicznej (od 1974). Specjalista w dziedzinie wytrzymałości dynamicznej i obróbki plastycznej metali, wybuchowej obróbki metali, badań materiałowych w warunkach wysokich ciśnień dynamicznych. Autor lub współautor 48 artykułów, 23 patentów, 2 książek, promotor prac doktorskich.

Bach Stanisław, ur. 1933 r., doktorat w 1956 r. Specjalista w dziedzinie wyładowań elektrycznych w technologicznych procesach przemysłowych, inicjowania zapłonu mieszanin wybuchowych wyładowaniami elektrycznymi. Autor ponad 30 publikacji naukowych, 4 patentów.

badenit, handlowa nazwa niemieckiego mat. wybuch. o składzie: 85% NH_4NO_3 i 15% trotylu.

Bagrowski Jan, ur. 1945 r., doktorat na temat wybuchowego wytwarzania zbieżnych koncentrycznych fal uderzeniowych dla potrzeb mikrosyntezy termojądrowej (1979 r.). Specjalista w dziedzinie badań doświadczalnych procesów wytwarzania wysokich ciśnień materii w wybuchowo-kumulacyjnych układach badawczych. Współautor 17 publikacji. Laureat zespołowej Nagrody Państwowej 1 stopnia (1978).

Bakaralski Jerzy, ur. 1935 r., dr hab. (1980), specjalista w dziedzinie inżynierii materiałowej, zwiększania wytrzymałości na przebicie w oparciu o energię wybuchu. Autor 33 publikacji, 5 patentów.

baldurit, handlowa nazwa niemieckiego mat. wybuch. będącego mieszaniną chloranową.

balduryty, dawniej stosowane mat. wybuch. nitroglicerynowe powietrzne półżelatynowe, zawierające około 12% nitrogliceryny. Posiadały strukturę sypką i mniejszą odporność na wilgoć niż barbaryty. Również kruszność ich była znacznie mniejsza niż barbarytów i dlatego wycofano je z użytku.

balistyczne badania prochów, określanie za pomocą strzelania na stacji badań balistycznych: szybkości początkowej wypośrodkowanego ładunku prochowego dla danego pocisku, rozrzutu szybkości, średniego ciśnienia serii strzałów, ciśnienia maksymalnego otrzymanego w danej serii strzałów. Badania te przeprowadza się przy wykorzystaniu tzw. broni balistycznej. Do strzelania używa się tych samych elementów amunicji, to jest łusek i pocisków, do przygotowania której będzie następnie wykorzystany badany proch. Do b.b.p. używa się pocisków wypełnionych materiałem obojętnym, a zamiast zapalników ostrych, pociski zaopatruje się w tzw. zapalniki zastępcze. B.b.p. myśliwskich przeprowadzane są podobnie jak prochów wojskowych z zastosowaniem chronografów, jeżeli chodzi o pomiar szybkości pocisku (śrutu), a w celu określenia ciśnienia używa się specjalnie przygotowanej broni „manometrycznej" z przykręco-

nymi przyrządami zgniotkowymi. Badania balistyczne amunicji myśliwskiej różnią się od podanych wyżej badań i polegają na określaniu tzw. rozrzutu, pokrycia i przebicia (ostrości).

balistyka, nauka o ruchu pocisku. Ruch pocisku broni palnej można podzielić na dwa etapy: etap narastania prędkości, odbywający się w lufie broni, oraz właściwego lotu pocisku od chwili opuszczenia lufy z pewną prędkością początkową do chwili osiągnięcia celu. W związku z tym b. dzieli się na wewnętrzną i zewnętrzną. B. wewnętrzna bada zjawiska zachodzące w lufie podczas strzału, a więc ruch pocisku w lufie i wzrost jego prędkości oraz przebieg ciśnień panujących w lufie. Dzieli się na pirostatykę (zajmującą się badaniami zjawiska spalania prochu w stałej objętości) i pirodynamikę (zajmującą się badaniami zjawiska spalania prochu w zmiennej objętości). Podstawową nauką dla b. wewnętrznej jest teoria mat. wybuch. B. wewnętrzna pozwala na poznanie zjawiska strzału, tzn. na podstawie znajomości praw powstawania gazów z prochów pozwala określać rodzaj i wymiary prochu, aby w danej broni uzyskać żądaną prędkość początkową, a ponadto określić wymiary komory ładunkowej, długość lufy i ciężar ładunku.

balistyt, proch bezdymny wyprodukowany na trudno lotnym rozpuszczalniku, opracowany przez A. Nohla w 1888 r. Do produkcji b. używa się nitrocelulozy o mniejszej zawartości azotu (ok. 12%). Nitrocelulozę żelatynizuje się nitrogliceryną, otrzymując w ten sposób b. nitrogliceryonowy, lub dwunitrodwuglikolem, otrzymując b. nitroglikolowy. B. wykorzystywany jest jako proch artyleryjski, a także jako stałe paliwo rakietowe.

balistyt amerykański, mat. wybuch. o składzie: 60% nitrocelulozy i 40% trójnitroanizolu.

balistyt francuski, mat. wybuch. o składzie: 20% nitrogliceryny, 50% nitrocelulozy, 25% dwunitrotoluenu i 5% stabilizatorów oraz wazeliny.

balistyt „Köln-Rotweil", mat. wybuch. o składzie: 70% nitrocelulozy i 30% trotylu.

balistyt norweski, mat. wybuch. o składzie: 50% nitrocelulozy, 40% nitrogliceryny, 5% nitronaftalenu i 5% aniliny.

Bałaczyński Jerzy, inż., należał do pierwszych badaczy, którzy zajęli się patentem Neumanna. Opublikował pracę pt. Matematyczna analiza działania naboi wydrążonych w *Przeglądzie Artyleryjskim* nr 1/1924.

Banc des Epreuves des Armes Afeu, belgijska, znana na całym świecie, stacja balistyczna w Liège (XIX—XX w.), w której przeprowadzano badania prochów.

Baranowskiego prasa, patrz prasa Baranowskiego.

baratol, mat. wybuch. o składzie: 60% $Ba(NO_3)_2$ oraz 40% TNT, prędkości detonacji 5200 m/s przy gęstości 2,6 g/cm³, ciśnieniu na froncie fali detonacyjnej 140 kbar.

barbaryty powietrzne, dynamity, które dzięki dużemu dodatkowi, głównie soli kuchennej, są dostatecznie bezpieczne wobec metanu i pyłu węglowego. W Polsce b.p. stosowane są o zawartości około 20% nitrogliceryny żelatynizowanej. Zawartość soli kuchennej oraz często dodatku salmiaku wynosi około 35—45%.

Barcikowskiego i Kiełczewskiego spłonka, patrz spłonka systemu Barcikowskiego i Kiełczewskiego.

Barcikowski Janusz, absolwent Wydz. Chemii Uniwersytetu w Cambridge (po I wojnie świat.), w latach 1924—33 dyrektor *Fabryki Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym*, 1934—35 naczelny dyrektor *Spółki Akcyjnej „Lignoza"*. Inicjator wprowadzania nowych asortymentów do produkcji, m.in. spłonek, lontów, zapalników elektrycznych. Zastosował w Polsce środki zapalcze oparte na trójnitrorezorcynianie ołowiu oraz tetrazenie zamiast dotychczas stosowanego piorunianu rtęci, co pozwoliło wytwarzać tzw. „nierdzewne" środki zapalające.

Baryła Józef, ur. 1926 r., doktorat na temat podwyższania trwałości mat. wybuch. polem magnetycznym (1969).

Specjalista w dziedzinie chemii i technologii mat. wybuch. Autor 25 publikacji, 4 patentów.

bawełna kolodionowa, rodzaj nitrocelulozy zawierającej poniżej 12,6% azotu; zależnie od procentowej zawartości azotu, stopnia rozpuszczalności w rozpuszczalnikach organicznych i lepkości tych roztworów używana jest do wyrobu dynamitu, lakierów lub celuloidu. W związku z tym, w przemyśle rozróżnia się b.k. dynamitową (BKD) o zawartości 12,1—12,3% azotu i dużej lepkości roztworów, lakierową (BKL) o zawartości 11,0—12,3% azotu o zmiennej lepkości, b.k. do produkcji celuloidu o zawartości 11,8—12,3% azotu.

bawełna pirokolodionowa, rodzaj nitrocelulozy zawierającej 12,5—12,7% azotu; otrzymana po raz pierwszy przez Mendelejewa. Jest rozpuszczalna w mieszaninie alkoholu i eteru co najmniej w 95%; używana do wyrobu prochów nitrocelulozowych.

bawełna strzelnicza, rodzaj nitrocelulozy, otrzymywanej w wyniku działania mieszaniny kwasu azotowego i siarkowego na włókna bawełny. B.s. występuje w dwóch odmianach: 1) nr 1 (BS_1) o zawartości 13,0—13,5% azotu, która jest nierozpuszczalna w mieszaninie alkoholu i eteru (zwana piroksyliną), 2) nr 2 (BS_2) o zawartości 11,3—12,3% azotu całkowicie rozpuszczalna w alkoholu i eterze (zwana koloksyliną lub bawełną kolodionową). Koloksylina stosowana jest do produkcji prochów bezdymnych, żelatyny wybuchowej i dynamitów. Piroksyliny używa się jako mat. wybuch. kruszącego po uformowaniu nabojów i jako dodatku do bawełny kolodionowej przy fabrykacji prochów bezdymnych.

Bednarczyk Mieczysław, ur. 1924 r., doktorat na temat badań nad nitrowaniem jonem nitroniowym (1964). Specjalista w dziedzinie technologii mat. wybuch. Autor 12 publikacji, 1 wzoru użytkowego.

Bem Józef Zachariasz, 1794—1850, generał wojsk polskich, węgierskich i tureckich, wybitny oficer i teoretyk wojenny. W Królestwie Polskim zajmował się konstrukcją rakiet. Autor pracy *Notes sur les fusses incendiaros* (Uwagi o rakietach zapalających).

benzit, patrz trójnitrobenzol.

benzotrójfuroksan, chemiczna nazwa mat. wybuch. o symbolu BTF (USA), prędkości detonacji 8480 m/s przy gęstości 1,90 g/cm^3, ciśnieniu na froncie fali detonacji 360 kbar.

Berclau, patrz Billy.

Bergman, chemik, wraz z Yunckiem opracował ilościową próbę stałości, na podstawie której oznacza się ilość tlenku azotu, wywiązywanego z jednego grama suchej nitrocelulozy ogrzewanej przez 2 godziny do temperatury 132°C. Do tego celu służy specjalna rura z urządzeniem pochłaniającym tlenki azotu. Według normy 1 g nitrocelulozy w tych warunkach powinien wydzielić poniżej 2,5 g/cm^3 azotu.

Beretta, włoska państwowa wytwórnia broni strzeleckiej, głównie pistoletów, pistoletów maszynowych i karabinów maszynowych.

Berthelot Marcelin Pierre Eugene, 1827—1907, prof. chemii organicznej w College de France w Paryżu (od 1865). Prowadził prace badawcze z zakresu termochemii (wprowadzenie bomby kalorymetrycznej w 1818 r., sformułowanie zasad termochemii), mat. wybuch., chemii rolnej, syntez związków organicznych (otrzymał po raz pierwszy benzen metodą ogrzewania acetylenu oraz kwas mrówkowy z tlenku węgla), syntezy tłuszczów naturalnych, reakcji estryfikacji, otrzymywania azotu, historii alchemii itd. Niezwykle twórczy, był autorem 2700 publikacji oraz 50 tomów podręczników i monografii.

Berthollet Claude Louis, 1748—1822, prof. chemii w Szkole Politechnicznej w Paryżu (od 1794). Prowadził prace badawcze nad powinowactwem chemicznym i równowagami chemicznymi. Ustalił skład chemiczny amoniaku, cyjanowodoru i siarkowodoru, odkrył własności bielące chloru, otrzymał chlorany, azotek srebra i inne. Związki chemiczne o zmiennym składzie, których nie można wyrazić stałym wzorem (nie spełnia-

jące prawa stałości składu), noszą nazwę bertolidów ku czci Bertholleta.

bezwodny pikrynian ołowiu, sól o własnościach inicjujących. Jest szczególnie niebezpieczny. Wybucha od uderzenia ciężaru 2 kg już z wysokości 2 cm. Ta duża wrażliwość powoduje, że w czasie wyrobu i stosowania kwasu pikrynowego należy zwracać szczególną uwagę, aby nie stykał się z ołowiem i związkami ołowiu.

BF poudre fusil, francuski proch karabinowy.

Biazzi Mario, chemik włoski, który w 1935 r. uzyskał patent na urządzenie i system prowadzenia ciągłego procesu wytwarzania nitrogliceryny. Pierwsze urządzenie systemu *Biazziego* było zainstalowane w Niemczech w fabryce dynamitu w Schlebusch. Na kontynencie Ameryki Północnej dopiero w 1952 r. zbudowano urządzenie tego systemu (Calgary w Kanadzie).

Bichel C.E., niemiecki specjalista w dziedzinie produkcji mat. wybuch., który w 1910 r. opracował projekt wykonania budynków betonowych o jednej ścianie szklanej, zwanej ,,wydmuchową". Pozostałe trzy ściany oraz dach były przysypane warstwą ziemi o grubości około 1 m. B.C.E. potrafił spopularyzować swój pomysł. W ciągu stu lat produkcji nitrogliceryny odnotowano wiele wypadków wybuchów. Praktyka wykazała, że wybuch w wytwórniach umieszczonych w budynkach typu bunkrowego zawsze pochłaniał więcej ofiar niż w budynkach lekkich. B.C.E. w odróżnieniu od Nobla i Abela inaczej ujmował zagadnienie ciśnienia podczas wybuchu. Dzielił je na ciśnienie statyczne p_s oraz ciśnienie dynamiczne p_d. Ciśnienie statyczne wyrażał za pomocą wzoru ogólnego do obliczania ciśnienia gazów w temperaturze T (podczas wybuchu): $p_s = p_0(1+\alpha T)$, zaś ciśnienie dynamiczne wzorem na ,,żywą siłę ruchu": $p_d = \frac{mD^2}{2}$, gdzie: m — masa mat. wybuch., D — prędkość detonacji.

Bickford, Anglik, który w 1840 r. wynalazł lont ogniowy (prochowy, wolnopalny). Od tego czasu znacznie wzrosło bezpieczeństwo prowadzenia prac strzałowych.

Bielawski Jacek, ur. 1945 r., dr inż., specjalista z dziedziny wybuchowej obróbki tworzyw. Autor 16 publikacji, 14 opracowań oraz 2 patentów.

bilans energii podczas strzału, szczegółowy podział energii wyzwolonej podczas strzału w wyniku spalania prochowego ładunku miotającego w broni palnej, zużytej na wykonanie różnych prac. W balistyce wewnętrznej b.e.p.s. wyrażają odpowiednie równania. Uwzględnia się w nich pracę główną (energia gazów zużyta na nadanie pociskowi prędkości ruchu postępowego w przewodzie lufy) oraz tzw. prace drugorzędne (straty energii na nadanie pociskowi ruchu obrotowego, odrzut broni i jej części, odkształcenie oraz nagrzewanie lufy i pocisku itp.).

bilans tlenowy, określenie zawartości tlenu w mat. wybuch., w odniesieniu do ilości tlenu teoretycznie potrzebnej do całkowitego utleniania wchodzących w jego skład pierwiastków palnych, np. węgla na dwutlenek węgla (CO_2), wodoru na wodę (H_2O) itp. Mat. wybuch., których przemiana wybuchowa ma charakter chemicznej reakcji utleniania, mogą mieć b.t. dodatni (przy nadmiarze zawartości tlenu), zerowy (przy zrównoważonej ilości tlenu) i ujemny (przy niedoborze tlenu). B.t. stanowi podstawę jakościowego i ilościowego doboru składników mieszanin wybuchowych, ma wpływ na efektywność wybuchu (najwyższa przy b.t. zerowym) oraz na rodzaj i układ produktów wybuchu. W przypadku górniczych mat. wybuch., stosowanych pod powierzchnią ziemi, ich b.t. musi być zerowy lub zbliżony do zerowego, ponieważ nadmiar lub niedobór tlenu powoduje powstawanie toksycznych tlenków azotu lub tlenku węgla w produktach wybuchu, co jest groźne dla życia górników.

Billy, chemik, który wraz z Berclau konstruował pierwsze detonujące lonty tetrylowe. Było to trudne ze względu na wyższą temperaturę topnienia,

mniejszą stałość i większą wrażliwość tetrylu niż trotylu, stosowanego dotychczas na lonty. Lont taki, o grubości 3 mm, detonował z prędkością 5100 m/s.

bis-trójnitroetylomocznik, *szwedzki* mat. wybuch. o symbolu BTNEU, prędkości detonacji 9000 m/s przy gęstości 1,86 g/cm³.

bis-trójnitroetylonitroamina, mat. wybuch. o symbolu BTNEN, prędkości detonacji 8850 m/s przy gęstości 1,96 g/cm³.

blok Trauzla, patrz Trauzl.

Błeszyński Tadeusz, absolwent Politechniki Warszawskiej, w latach 1922/ /23—25 kierownik wydziału nitrogliceryny i dynamitu w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym*, kolejno przebywał w Ameryce Południowej, od 1934 r. podjął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*, od 1936 kierownik jednego z działów w nowo budowanej fabryce kwasu siarkowego i oleum w Kielcach.

BN, *skrót* od *bariumnitrat* (saletra barowa).

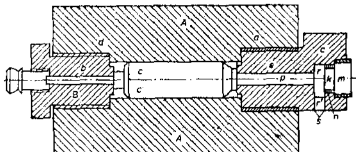
bodziec pobudzenia, najmniejsza ilość energii potrzebnej do spowodowania wybuchu układu zdolnego do przemiany egzotermicznej (przemiany wybuchowej w mat. wybuch.). W celu powstania zjawiska wybuchu musi być pokonany pewien opór, który, zwłaszcza w układach heterogenicznych, uniemożliwia wystąpienie reakcji wybuchowej. B.p. wyzwala pewną energię potrzebną do przezwyciężenia tego oporu i umożliwienia rozpoczęcia się zjawiska wybuchu. Rozróżnia się b.p.: 1) mechaniczne (uderzenie, nakłucie, tarcie); 2) cieplne (ogrzanie, płomień); 3) elektryczne (żarzenie, wyładowanie); 4) wybuchowe (energia wybuchu innego mat. wybuch.). Rodzaj b.p. wpływa *na charakter i przebieg przemiany* wybuchowej; np. zapalony trotyl w niewielkiej ilości pali się spokojnie, natomiast pod działaniem spłonki detonującej ulega detonacji. Różne mat. wybuch. reagują swoiście na określone rodzaje b.p., np. azydek ołowiu jest bardziej wrażliwy na bodźce mechaniczne, a mniej na cieplne niż trójnitrorezorcynian ołowiu. B.p. nazywany jest niekiedy bodźcem inicjującym lub impulsem inicjującym. B.p. może być impuls energii mechanicznej, cieplnej, elektrycznej, świetlnej i innych jej form. Pobudzenie do wybuchu wymaga stworzenia odpowiednich warunków. B.p. musi być na tyle intensywny, aby w miejscu jego przyłożenia w ładunku osiągnięta została wystarczająco duża koncentracja energii. Osiąga się to m.in. za pomocą inicjujących mat. wybuch., które w technice wybuchowej znalazły szerokie zastosowanie jako pobudzacze, zwane też inicjatorami lub środkami inicjalnymi. W układach homogenicznych, a więc w mieszaninach gazowych lub ciekłych mat. wybuch., energia b.p. często sprowadza się do rozkładu jednej cząsteczki, np. do dysocjacji jednej cząsteczki wody na tlen i wodór, gdy wilgotna mieszanina chloru i wodoru poddana jest pobudzającemu działaniu promieniowania cieplnego. W układach heterogenicznych *zmiany fizyczne* składników mieszaniny wyprzedzają przebieg reakcji wybuchowej. Np., miejscowe stopienie siarki w prochu czarnym powoduje przyspieszenie reakcji. Wynikiem tego jest zazwyczaj wzrost temperatury. W wielu przypadkach mat. wybuch. jest otoczony ze wszystkich stron warstewką substancji obojętnej (flegmatyzatora), która musi być usunięta przez odparowanie, zanim nastąpi możliwość powstania reakcji wymaganej do spowodowania wybuchu. Mat. wybuch. ze względu na różną naturę w różnym stopniu są czułe na rozmaite b.p. Np., azydek ołowiu jest bardzo czuły na działania mechaniczne, a mniej na cieplne, podczas gdy w przypadku trójnitrorezorcynianu ołowiu jest odwrotnie. Mieszanina chloru i wodoru (Cl_2H_2), obojętna wobec impulsów cieplnych, bardzo łatwo wybucha w wyniku działania na nią promieni świetlnych, które powodują wzbudzenie w gazie intensywnej fotochemicznej reakcji łańcuchowej. Warunkiem decydującym o rozwoju prac wybuchowych jest posiadanie pewnego i racjonalnego sposobu pobudzania

do detonacji ładunków mat. wybuch. Wiąże się to z niezawodnością działania b.p., który zdecydowanie wpływa na skutki pobudzenia do wybuchu i w wyniku tego na jakość wykonywanej przez niego pracy. W przemyśle, zgodnie z zasadami bezpieczeństwa, dopuszczone są następujące sposoby pobudzania ładunków mat. wybuch.: ogniowy, za pomocą lontu detonującego i elektryczny.

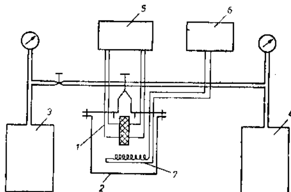
bomba Crafworda, patrz bomba o stałym ciśnieniu.

bomba manometryczna, przyrząd laboratoryjny, służący do określania wielkości i charakteru wzrostu ciśnienia wytwarzanego przez gazy powstające podczas spalania prochu w stałej objętości. Pozwala określić wszystkie charakterystyki balistyczne prochu (siłę prochu, współobjętość gazów prochowych, czas oraz szybkość spalania), dlatego jest podstawowym przyrządem w badaniach balistyki wewnętrznej. B.m. skonstruowano w końcu XIX w. Składa się z cylindra A wykonanego z wytrzymałej stali, nagwintowanego na obu końcach powierzchni wewnętrznej; do korpusu cylindra wkręcona jest wkrętka zapalająca B, z drugiej strony — wkrętka tłokowa C z manometrem kreszerowym. We wkrętce zapalającej znajduje się izolowany pręt b, przez który przepływa prąd elektryczny zapalający ładunek; drugi przewód doprowadzany jest bezpośrednio do bomby. Drucik łączący trzpienie c i c' zostaje przepalony przez płomień z gilzy z bibułką, w której znajduje się dokładnie odważona ilość zapłonnika (proch czarny, nitrogliceryna). W kanale wkrętki tłokowej C porusza się tłok p, który przekazuje ciśnienie gazów prochowych zgniotkowi k — najczęściej wykonanemu z miedzi elektrolitycznej. Drugi koniec zgniotka opiera się o główkę wkręconego korka m, służącego za kowadełko; dla scentrowania osi tłoka i zgniotka nakłada się na zgniotek pierścień gumowy n. Główka tłoka r, dotykająca zgniotka, posiada występ r', wychodzący na zewnątrz i poruszający się wzdłuż bocznego wycięcia w główce wkrętki tłokowej. Do występu tego przymocowany jest rysik służący do rejestracji drogi tłoka w funkcji czasu na zakopconym papierze umocowanym na bębnie chronografu. W celu zabezpieczenia przed przerwaniem się gazów pomiędzy ściankami komory i wkrętami zakłada się pierścienie miedziane d, a do kanału tłoka wkłada miseczkę e napełnioną smarem, chroniącym cienkie brzegi miseczki przed bezpośrednim działaniem gazów o wysokiej temperaturze. W cylindrze spala się próbkę badanego prochu, a ciśnienie określa analizując wielkość zgniotu cylinderka miedzianego, czyli zgniotka (kreszera). Nowoczesna technika pomiarowa pozwala także na stosowanie innych metod pomiaru ciśnienia.

bomba o stałym ciśnieniu, bomba



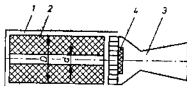
Bomba manometryczna



Bomba Crafworda

Crafworda, przyrząd laboratoryjny służący do pomiaru prędkości spalania prochu przy stałym ciśnieniu. Próbkę paliwa wykonuje się w postaci cylinderka zapalanego z jednego końca. Bomba składa się z komory spalania (1), zbiornika ze sprężonym gazem obojętnym (3) oraz ze zbiornika wyrównawczego (4). Wewnątrz komory spalania umocowany jest w uchwycie ładunek paliwa (2) w postaci cylinderka. Zapłon dokonywany jest za pomocą zapłonnika cylindrycznego (7) pobudzanego prądem ze źródła (6). Czas palenia się ładunku mierzy się za pomocą zegara elektrycznego (5). Powierzchnia boczna ładunku jest ekranizowana. Przed spalaniem komora jest dopełniona do żądanego ciśnienia gazem obojętnym ze zbiornika (3). W czasie spalania się paliwa gazy przepływają do zbiornika wyrównawczego (4), zatem odbywa się ono w objętości zamkniętej. Czas palenia się rejestruje się do momentu przepalenia drucika przeprowadzonego przez ładunek w oznaczonej odległości. Bomba ta stosowana jest przy określaniu wpływu ciśnienia, temperatury oraz rodzaju paliwa na prędkość spalania prochu.

bomba półzamknięta, zwana silnikiem laboratoryjnym, przyrząd zbudowany na wzór silnika rakietowego na paliwo stałe. Spala się w niej prochy różnych kształtów, czyli o różnym charakterze spalania. Najczęściej stosuje się proch o stałej powierzchni spalania, a więc rurkowy z ekranizowaną powierzchnią zewnętrzną i otworze w kształcie koła lub gwiazdy. B.p. pozwala określać ciśnienie średnie, prędkość spalania paliwa, a także oznaczać ciąg ładunku.



Bomba półzamknięta:
1 — obudowa, 2 — proch, 3 — dysza, 4 — ruszt

bomba Veille'a, patrz bomba manometryczna.

bonit, patrz kompozycja B.

borenit, szwedzki przemysłowy mat. wybuch. o składzie: 25% nitrogliceryny, 1% nitrocelulozy, 9% mieszaniny nitrotoluenów, 53% saletry amonowej, 11% $NaNO_3$, 1% stałego materiału pędnego; prędkości detonacji 5700 m/s przy gęstości 1,47 g/cm³; cieple wybuchu 4525 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 890 l/kg.

Borkowski Marian, ur. 1930 r., doktorat na temat przyczyn i sposobów usuwania niewypałów górniczych mat.

wybuch. (1970). Specjalista w dziedzinie mat. wybuch., zapalników elektrycznych i lontów detonujących. Autor 57 publikacji naukowych, 8 patentów.

boronite A, B, C, mieszaniny saletry amonowej, trotylu i boru.

borotorpex, amerykańska mieszanina saletry amonowej, trotylu i boru w stosunku 46/44/10.

„Boruta" Przemysł Chemiczny, Sp. Akc. z siedzibą w Zgierzu, prowadziła działalność w zakresie syntezy organicznej. Przemysł ten w Polsce w porównaniu z zagranicą po I wojnie świat. dopiero powstawał i powoli rozwijał się. Na kilka lat przed wybuchem II wojny zakłady zgierskie zaczęły urzeczywistniać program uniezależnienia produkcji krajowej od zagranicznej. M.in. produkowano kwas pikrynowy, dwunitronaftalen i inne na rzecz Centrali Odbioru Materiałów Uzbrojenia. Ponadto wytwarzano dość znaczną gamę barwników, które jednak nie zaspokajały potrzeb rynku krajowego pod względem jakościowym oraz ilościowym. Np., produkcja w 1938 r. wynosiła: barwniki azotowe, stylbonowe, pyrazdonowe, thjazolowe — 373 t, barwniki siarkowe — 113 t, antrachlorowe (kadziowe) — 1,35 t, barwniki trójfenylometanowe — 15,4 t. Zaspokajało to zaledwie 20% potrzeb krajowych. Sumaryczna produkcja barwników w 1937 r. wszystkich 4 czynnych fabryk krajowych (*Boruta, Ciba, Wola Krzysztoporska, Winnica*) wynosiła 27 min zł, w tym *Boruty* 12 min zł. Dyrektorem Naczelnym w 1937 r. był inż. Marian Piasecki, dyrektorem technicznym dr Mieczysław Królikowski, dyrektorem ekonomicznym mgr Ludwik Zadrowski, kierownikiem oddziału nitratów dr Edward Lasocki, głównym mechanikiem inż. Jan Wińcza. W 1938 r. w *Borucie* było zatrudnionych około 855 pracowników (w tym fizycznych 698 oraz 157 umysłowych). Średnia płaca miesięczna wynosiła 231 zł, w tym fizycznych 145 zł oraz umysłowych 615 zł. W 1937 r. *Boruta* przejęła budowę wielkiej fabryki celulozy w Żabnie k. Tarnowa na zlecenie *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach.* W czasie II wojny świat. Niemcy wywieźli wszystkie zapasy cenniejszych surowców, półproduktów i barwników oraz urządzenia fabryczne (urządzenia wywieziono do Wolfen).

Boryczko Emil, ur. 1931 r., specjalista w dziedzinie technologii mat. wybuch., szczególnie górniczych. Autor wielu opracowań technologicznych.

„Boryszew" Zakłady Przemysłowe, belg. Sp. Akc., należały do niej *Sochaczewska Fabryka Prochu* wraz z *Wytwórnią Prochu w Boryszewie.* Dyrektorem fabryki prochu w latach 1919—1922 był inż. Stanisław Micewicz, następnie inż. Eugeniusz Kniażykowski, jej współwłaściciel. Produkowano tu prochy bezdymne karabinowe do amunicji ćwiczebnej według krajowej technologii opracowanej przez St. Micewicza, E. Kniażykowskiego oraz Jerzego Horodeckiego. Szefem produkcji prochu bezdymnego był inż. Franciszek Plecher, zaś konstruktorem urządzeń do produkcji bezdymnego prochu karabinowego inż. J. Horodecki.

brennit, handlowa nazwa norweskiego mat. wybuch.

brytonit, britonite, mat. wybuch. o składzie: 25—27% nitrogliceryny, 31—34% KNO_3, 39—43% mączki drzewnej, 0,5% sody krystalicznej.

Böttcher, niemiecki chemik, który m.in. prowadził badania nad nitracją bawełny. Wraz z Schönbeinem pracował nad nowym materiałem — bawełną strzelniczą, któremu przepowiadali wielkie znaczenie w przyszłości.

Braconnot, francuski chemik, który w 1832 r. jako pierwszy otrzymał nitrocelulozę (w 1838 r. nitrocelulozę otrzymał Pelouze). Działał on kwasem azotowym na skrobię, papier lub drewno. Otrzymane w ten sposób nowe ciasto nazwano ksyiidyną.

Brown, angielski chemik, uczeń Abela, który opracował sposób pobudzania wilgotnej bawełny strzelniczej. Zastosował on jako pośredni detonator mały nabój wysuszonej nitrocelulozy, od wybuchu której ulega pobudzeniu nitroceluloza wilgotna.

Brudzewski Kazimierz, ur. ?—

1975, absolwent Politechniki Lwowskiej, od 1934 r. kierownik laboratorium fabrycznego w Fabryce Bawełny Strzelniczej w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*.

BTF, patrz benzotrójfuroksan.

BTM, mieszanina tetrylu, trotylu i aluminium w stosunku 55/25/20.

BTNEN, symbol mat. wybuch. o nazwie chemicznej bis-trójnitroetylonitroamina (patrz — bis-trójnitroetylonitroamina).

BTNEU, patrz bis-trójnitroetylomocznik.

Bulewicz Elżbieta, ur. 1932 r., absolwentka Uniwersytetu w Cambridge, doktorat na temat wysokotemperaturowych reakcji w płomieniach, praca habilitacyjna z dziedziny kinetyki reakcji chemicznych (1969). Autorka ok. 50 publikacji naukowych, 2 zgłoszeń patentowych.

Bülow Konstanty, absolwent ITC w Tuluzie, od 1932 r. prowadził prace badawcze nad *nitracją celulozy drzewnej* w Centralnym Laboratorium *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* w celu eliminacji lintersów (krótkiego włókna bawełny). Od 1936 r. kierownik fabryki ferromitów w *PWP w Pionkach*.

burzące działanie uderzenia, burzące działanie fal uderzeniowych o dużej prędkości, jakie występują w pobliżu detonowanych mas mat. wybuch. Jest to wynikiem przede wszystkim uderzenia dynamicznego czoła mas powietrznych sprężonych i poruszających się z dużą prędkością. Można to porównać z działaniem wiatru. Największa prędkość wiatru, jaka dotychczas była zmierzona, wynosi niewiele ponad 40—45 m/s. Przy prędkości fali około 1500 m/s powietrze ma prędkość około 1200 m/s; gęstość powietrza w fali wynosi około pięć razy więcej niż gęstość powietrza w stanie spoczynku. Moment ruchu (masa · prędkość) powietrza w takiej fali uderzeniowej wynosi w stosunku do tej samej przestrzeni $\frac{1200 \cdot 5}{40} = 150$ razy więcej niż moment ruchu przy silnym orkanie, który może zrywać ciężkie dachy. Dokonując takiego porównania należy pamiętać, że czas działania fali uderzeniowej przeważnie jest bardzo krótki, gdyż ciśnienie i moment ruchu gazów poza czołem fali spadają bardzo szybko. Przy uderzeniu następuje znaczne sprężenie masy przeszkody, które powoduje, że nie cała fala zostaje odbita, lecz część jej przenika do ciała, powodując niszczenie jego struktury wewnętrznej.

burzące działanie wybuchu, *niszczące* działanie spowodowane wybuchem odpowiednio silnego ładunku mat. wybuch. W promieniu wielu metrów od miejsca wybuchu zarysowują się ściany budynków, przewracają drzewa, wylatują szyby z okien, przewracają samochody itp. **B.dz.w.** nie zależy od prędkości detonacji, ale przede wszystkim od energii wybuchu. Faktycznie, wielkość wyrwy przy wybuchu ładunku mat. wybuch., ilość wyrzuconego gruntu w pracach górniczych itp. zależą od burzącej siły wybuchu.

C

C: 1) oznaczenie chemicznej broni masowego rażenia (broń C); 2) patrz kompozycja C.

cambrite, karbonit angielski o składzie: 22—24% nitrogliceryny, 26—29% KNO_3, 3—4,5% $Ba(NO_3)_2$, 32—35% mączki drzewnej, 7—9% szczawianu amonu, 0,5% $CaCO_3$, 3,5—6,0% wosku.

CE, patrz tetryl.

Cedrowski Ryszard, ur. 1941 r., dr inż., specjalista w dziedzinie wybuchowego kształtowania metali, w okresie późniejszym informatyki. Autor kilkunastu publikacji naukowych, kilkudziesięciu opracowań specjalistycznych, 15 patentów, 4 wzorów użytkowych.

celuloza, $(C_6H_{10}O_5)_n$, podstawowy surowiec służący do wyrobu nitrocelulozy. W przemyśle do produkcji nitrocelulozy używa się c. z bawełny lub masy drzewnej, rzadziej z roślin jedno- lub dwuletnich, np. słoma roślin zbożowych, pokrzywy.

cementator, patrz lepiszcze.

centralit, stała substancja krystaliczna, niewybuchowa, dodawana do prochów nitroglicerynowych w celu ich stabilizacji i żelatynizacji. W przemyśle stosuje się tzw. centralit I — dwuetylodwufenylomocznik $CO(NC_2H_5C_6H_5)_2$ oraz centralit II — dwumetylodwufenylomocznik $CO(NCH_3C_6H_5)_2$.

Centralny Zarząd Wytwórni Wojskowych, powołany decyzją Komitetu Ekonomicznego Ministrów z dnia 29 IV 1922 r. podlegał Ministerstwu Spraw Wojskowych. Pracę rozpoczął w lipcu 1922 r., przejmując od Ministerstwa Spraw Wojskowych: 1) *Państwową Fabrykę Karabinów* w Warszawie; 2) budowę projektowanych zakładów *Państwowej Wytwórni Prochu i Materiałów Wybuchowych w Zagożdżonie* (później Pionki), 3) *Państwową Wytwórnię Amunicji* w Skarżysku; 4) *Państwową Wytwórnię Broni* w Radomiu; 5) *Państwową Wytwórnię Sprawdzianów* w Warszawie. W 1924 r. przekazano do CZWW: 1) *Wytwórnię Kapsli i Kapiszonów* w Toruniu; 2) *Wojskową Wytwórnię Zapalników. Artyleryjskich* w Warszawie; 3) *Przetwórnię Materiałów Wybuchowych* w Bydgoszczy. 15 VI 1925 r. zlikwidowano *Wojskową Wytwórnię Kapsli i Kapiszonów* w Toruniu oraz *Wojskową Wytwórnię Zapalników Artyleryjskich* (urządzenia i maszyny przekazano do *Wytwórni Amunicji* w Skarżysku). 22 IV 1927 r. nastąpiło dalsze wyodrębnienie wytwórni ze składu CZWW, które otrzymały status państwowych, a mianowicie: 1) *Państwowej Wytwórni Prochu i Materiałów Wybuchowych w Zagożdżonie;* 2) *Państwowej Wytwórni Broni* w Radomiu; 3) *Państwowej Fabryki Karabinów* w Warszawie; 4) *Państwowej Wytwórni Amunicji Karabinowej i Działowej* w Skarżysku. CZWW przestał istnieć 31 III 1927 r.

Chapman Sydney, 1888—1970, angielski matematyk i geofizyk. Prowadził badania nad magnetyzmem ziemskim, jonosferą, elektrycznością i optyką atmosfery. Wraz z francuskim uczonym E. Jougetem rozwinął hydrodynamiczną teorię detonacji mat. wybuch. Podstawy tej teorii w zastosowaniu

do gazów opracował w 1890 r. rosyjski uczony W.A. Michelson.

charbrit, japońska nazwa heksogenu.

Charewicz Józef Karol, ur. 1914 r., docent, specjalista w dziedzinie badań górniczych środków strzałowych. Autor 17 publikacji, 6 patentów. Współautor *Poradnik górnika* oraz katalogu *Górnicze środki strzałowe.*

Chariton Julij Borisowicz, ur. 1904 r., radziecki fizyk i chemik, akademik od 1953 r. Stworzył podwaliny teorii kondensacji. W 1928 r. odkrył istnienie dolnego przedziału chłodnego zapłonu pary fosforu. Wraz z Zeldowiczem, jako pierwsi, podali w literaturze fachowej sposób obliczenia reakcji łańcuchowej rozpadu uranu. Wraz ze współpracownikami rozwiązał problemy teorii pobudzania i rozprzestrzeniania się detonacji mat. wybuch., zwłaszcza ustalił związek między zdolnością wybuchową materiału a prędkością reakcji chemicznej we froncie fali wybuchu.

chauyaku, japońska nazwa heksogenu.

cheddyt, francuski mat. wybuch. o nazwie wywodzącej się od miejscowości Chedde, w której zaczęto go produkować. Jest to mieszanina chloranu potasu z nitronaftalenem lub nitrotoluenem i olejem rycynowym lub wazeliną, parafiną czy też ciężką naftą, o prędkości detonacji od 2100 m/s przy gęstości 0,7 g/cm³ do 2550 m/s przy gęstości 1,1 g/cm³. Materiał ten w szerokim zakresie stosowano w górnictwie.

chloran potasowy, $KClO_3$, sól *Berthelleta;* bezbarwna substancja krystaliczna o temperaturze topnienia 356°C i gęstości 2320 kg/m³. Rozpuszczalna w wodzie; roztwory wodne ch.p. są trwałe, nie mają własności utleniających. Suchy ch.p. ogrzany powyżej temperatury 350°C wybucha. W mieszaninie z siarką, fosforem, miałem węglowym, cukrem lub innymi substancjami organicznymi wybucha od uderzenia. Otrzymuje się go przez elektrolizę roztworu chlorku potasowego KCl lub w reakcji wymiany KCl z chloranem sodowym $NaClO_3$, otrzymanym elektrolitycznie. Stosowany jest w dużych ilościach w przemyśle zapałczanym jako składnik masy do pokrywania główek zapałek, w mniejszych ilościach — do produkcji barwników i w przemyśle farmaceutycznym, jako składnik kąpieli do trawienia metali itp. W przemyśle mat. wybuch. używany jest w ograniczonych ilościach ze względu na zbytnią łatwość wybuchu.

chloranity, mat. wybuch. chloranowe, będące mieszaninami zawierającymi jako główny składnik chloran potasu $KClO_3$ lub chloran sodu $NaClO_3$ i składniki palne, np. nitrobenzen, nitrotoluen, nitronaftalen lub ropę naftową, olej rycynowy, terpentynę i inne. Są wrażliwe na tarcie i uderzenie, dość słabo przenoszą detonację, odznaczają się dużą ilością ciepła i wysoką temperaturą wybuchu.

chloratyty, chloranowe mat. wybuch. używane dawniej, składające się przede wszystkim z chloranu potasu $KClO_3$ i składników palnych, np. węglowodorów ciekłych lub stałych, nitrozwiązków aromatycznych, mączki roślinnej itp. Są to mat. wybuch. kruszące, bardzo wrażliwe na tarcie, uderzenie, łatwe do zapalenia. Wobec znacznej zawartości chloranu (zwykle powyżej 70%) produkty ich detonacji zawierają dużo części stałych (KCl), natomiast objętość gazów jest stosunkowo mała. Zasada reakcji wybuchowej ch. polega na łatwym oddawaniu przez chloran tlenu, który utlenia składniki palne. Bezpieczeństwo ch. podczas manipulacji jest znacznie mniejsze niż mat. wybuch. amonowo-saletrzanych. Są to typowe mat. wybuch. skalne. Najprostszym był tzw. miedziankit. Obecnie ch. nie stosuje się, ponieważ nie odpowiadają współczesnym wymaganiom.

chlorowy kwas, $HClO_3$, mocny kwas, dość trwały, istnieje tylko w postaci roztworów wodnych o maksymalnym stężeniu 40%. Z zasadami tworzy sole—chlorany $MeClO_3$, w przeważającej większości wybuchowe (np. chloran potasowy). Rozcieńczone roztwory ch.k. są trwałe.

chodnik podziemno-minerski, po-

ziomy lub pochyły korytarz podziemny (podkop) o przekroju od 0,6×1 do 1,6×2 m, wykonany sposobem górniczym, umożliwia zbliżenie się do obiektów nieprzyjaciela i niszczenie (wysadzanie) ich za pomocą mat. wybuch. Rozróżnia się ch.p-m.: główne, boczne (ubezpieczające), podsłuchowe, poprzeczne i wejściowe.

chodnik przeciwminowy, patrz przeciwmina.

ciekłe powietrze, patrz oksylikwity.

ciekły materiał pędny, określenie stosowane wówczas, gdy nazwa „paliwo ciekłe" jest nieścisła. Używa się go w przypadku materiałów pędnych do silników rakietowych. Nazwą materiał pędny do silnika rakietowego obejmuje się zarówno substancję palną (paliwo), jak i utleniającą (utleniacz), gdyż obie one potrzebne są do pracy silnika. W przypadku innych rodzajów silników spalinowych „materiał pędny" może być utożsamiony z paliwem, gdyż substancją utleniającą jest wówczas tlen pobrany przez silnik z otaczającej atmosfery.

ciepło reakcji, ilość ciepła wydzielająca się (lub pochłaniana) podczas reakcji chemicznej. Podaje się ją zwykle w odniesieniu do temperatury 25°C i ciśnienia 101 325 Pa (1 atm) oraz tych ilości substancji, które występują w równaniu stechiometrycznej reakcji. Dla reakcji przebiegającej w stałej objętości ciepło reakcji równa się zmianie energii wewnętrznej układu — ΔU, wziętej z przeciwnym znakiem, dla reakcji przebiegających pod stałym ciśnieniem — zmianie entalpii — ΔH.

ciepło rozkładu wybuchowego, patrz ciepło wybuchu.

ciepło spalania, ilość ciepła wydzielana podczas całkowitego spalenia jednego mola substancji, odniesiona do warunków standardowych — temperatury 25°C i ciśnienia 101 325 Pa (1 atm). Znajomość c.s. wszystkich substancji umożliwia obliczenie efektu cieplnego reakcji, w której biorą one udział (prawo *Hessa*). C.s. stanowi zatem kryterium wykonania pracy przez mat. wybuch. i jest jedną z najważniejszych jego charakterystyk. C.s. najpowszechniej używanych mat. wybuch. waha się w granicach 900—1800 kcal/kg. Porównanie c.s. mat. wybuch. z c.s. paliw konwencjonalnych (paliwa ciekłe powyżej 10 000 kcal/kg, węgiel kamienny powyżej 7 000 kcal/kg) daje wynik korzystny dla paliw konwencjonalnych. Porównanie takie jest jednak błędne, gdyż porównuje się wtedy c.s. 1 kg mieszaniny paliwa z utleniaczem w mat. wybuch. z c.s. 1 kg samego paliwa konwencjonalnego. Wynik ulega zmianie, jeżeli w porównaniu dodatkowo uwzględniony będzie tlen do spalania paliwa konwencjonalnego. Sumaryczne c.s. typowych mat. wybuch. przedstawia tabela. Jak z niej wynika, przewaga c.s. paliw nad c.s. mat. wybuch. jest średnio dwukrotna. Przyjmując do obliczeń zamiast czystego tlenu — powietrze (normalny utleniacz paliw) już wówczas wystąpi przewaga c.s. mat. wybuch. nad c.s. paliw. Jeszcze większa przewaga c.s. występuje przy porównaniu skondensowanych mat. wybuch. (w praktyce występują one zawsze w tej postaci) z mieszaninami paliw z tlenem w postaci gazowej. Można wtedy mówić o gęstości energii, której wielkość przedstawiono w tabeli. Jak widać, gęstość energii przy wybuchu mat. wybuch. wiele setek razy przewyższa gęstość energii paliw, co przejawia się dużą mocą wybuchu i zdolnością mat. wybuch. do burzącego działania.

Ciepło spalania mat. wybuch. i mieszanin paliw z tlenem

Paliwo	Ciepło spalania (kcal/kg)
Proch dymny	665
Trotyl	950
Nitrogliceryna	1500
Nitroceluloza	1025
Węgiel z tlenem	2140
Benzen z tlenem	2330
Wodór z tlenem	3230

Gęstość energii mat. wybuch. i paliw z tlenem

Paliwo	Ciepło spalania (kcal/kg)
Nitroceluloza	1350
Nitrogliceryna	2380
Węgiel z tlenem	4,1
Benzen z tlenem	4,4
Wodór z tlenem	1,7

ciepło tworzenia, ilość ciepła, jaka wydziela się lub zostaje pochłonięta przy tworzeniu się 1 mola mat. wybuch. z substancji podstawowych.

ciepło wybuchu, ilość ciepła, jaka wydziela się podczas wybuchowego rozkładu 1 mola lub 1 kg mat. wybuch. Większa wartość c.w. oznacza możliwość wykonania większej ilości pracy. Znajomość c.w., zwanego także ciepłem przemiany wybuchowej, pozwala obliczyć temperaturę gazowych produktów wybuchu w momencie wybuchu. Np., ciepło przemiany wybuchowej trotylu wynosi ok. $4,2 \cdot 10^6$ J/kg przy gęstości $1,5 \cdot 10^3$ kg/m^3 (tj. 1,5 g/cm^3), heksogenu ok. $6,3 \cdot 10^3$ J/kg przy gęstości $1,8 \cdot 10^3$ kg/m^3 (tj. 1,8 g/cm^3), zaś nitrogliceryny 6,85 J/kg przy gęstości $1,6 \cdot 10^3$ kg/m^3 (tj. 1,6 g/cm^3). Podstawą do obliczeń c.w. jest prawo *Hessa* mówiące o niezależności efektu cieplnego od stanu początkowego i końcowego. Prawo to może być stosowane, gdy reakcja przebiega w warunkach stałych, tj. przy stałym ciśnieniu lub przy stałej objętości. Na podstawie prawa *Hessa* c.w. stanowi różnicę między ciepłem tworzenia produktów wybuchu i ciepłem tworzenia mat. wybuch. Obliczenia Q_V bądź Q_p należy prowadzać korzystając ze wzoru: $Q_V = Q_p + \Delta nRT = Q_p + 0,592\Delta n$ (kcal). W tablicach termochemicznych podaje się najczęściej wartości ubytku ciepła układu $\Delta i = -Q_p$, jednakże ostateczny wynik c.w. należy przeliczyć na Q_V. Postępuje się tak dlatego, ponieważ przy wybuchu następuje gwałtowny wzrost ciśnienia i stosunkowo niewielka zmiana objętości, gdyż na swobodne rozszerzanie się produktów wybuchu nie pozwala ścianka komory broni czy bomby manometrycznej. W przypadku detonacji, praktycznie produkty powstają w objętości zbliżonej do objętości ładunku mat. wybuch. Ciepło tworzenia mat. wybuch. i tworzenia produktów wybuchu podano w tabelach.

cięcie płyt ładunkami kumulacyjnymi, coraz częściej stosowana technologia w przemyśle. W odróżnieniu od standardowych ładunków kumulacyjnych stosowanych w wojsku, służących do wycinania otworów w napotykanej przeszkodzie, do celów przemysłowych opracowywane są od niedawna tzw. ładunki kumulacyjne wydłużone. Długość metalowej wkładki kumulacyjnej limitowana jest w nich długością wymaganego cięcia oraz

Ciepło tworzenia produktów wybuchu

Związek	Ciężar cząsteczkowy	Ciepło tworzenia kcal/g	Ciepło tworzenia kcal/mol
Woda H_2O	18	gaz 3206 ciecz 3750	57,7 67,5
Nadtlenek wodoru H_2O_2	34	1320	44,9
Tlenek węgla CO	28	942,7	26,4
Dwutlenek węgla CO_2	44	248	94,5
Podtlenek azotu N_2O	44	—409	—18
Tlenek azotu NO	30	—720	—21,6
Dwutlenek azotu NO_2	46	— 89,1	— 4,1
N_2O_4	92	— 29,4	— 2,7
Pięciotlenek azotu N_2O_5	108	— 11,1	— 1,2
Ozon O_3	48	—711	—34,1

Skład i ciepło tworzenia mat. wybuch.

Substancja	Ciężar cząsteczkowy	Skład g-at. w 1 kg				Ciepło spalania kcal/kg	Ciepło tworzenia	
		C	H	O	N		kcal/g	kcal/ /cząst.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nitroguanidyna $NH_2 \cdot C \cdot NH \cdot NH \cdot NO_2$	104	9,61	38,4	19,2	38,4	2032	173	18
Cyklotrójmetylenotrójnitroamina (heksogen) $(CH_2 \cdot N \cdot NO_2)_3$	222	13,5	27,0	27,0	27,0	2285	−96	—21,3
Dwunitroglikol $(C_2H_2ONO_2)_2$	152	13,2	26,3	39,5	13,2	1764	367	56
Dwunitrodwuglikol $O(C_2H_4ONO_2)_2$	196	20,4	40,8	35,7	10,2	2798	507	99,4
Nitrogliceryna $C_3H_5(ONO_2)_3$	227	13,2	22,0	39,7	13,2	1631	364	82,7
Nitropentaerytryt (pentryt) $C(CH_2ONO_2)_4$	316	15,8	25,3	30,0	12,7	1960	390	123
Sześcionitrodwupentaerytryt $C_2(CH_2ONO_2)_6(CH_2)_2O$	524	19,1	30,5	36,3	11,5	2434	401	210
Nitroceluloza 11,05% N	—	23,9	31,9	35,7	7,88	2580	754	—
Nitroceluloza 11,60% N	—	23,2	30,3	35,9	8,33	2515	699	—
Nitroceluloza 12,20% N	—	22,5	28,7	36,2	8,71	2437	664	—
Nitroceluloza 12,81% N	—	21,8	27,2	36,5	9,14	2370	603	—
Nitroceluloza 13,45% N	—	21,0	25,4	36,7	9,57	2280	556	—
Nitroceluloza 14,12% N	—	20,2	23,6	37,0	10,09	2208	500	—
Nitrobenzen $C_6H_5NO_2$	123	48,7	40,7	16,3	8,13	6033	50	6,2
						o/4194		
						m/4155		4,0
Dwunitrobenzen $C_6H_4(NO_2)_2$	168	35,7	23,8	23,8	11,9	p/4146	33	5,6
						sym/3126	11	2,3
Trójnitrobenzen $C_6H_3(NO_2)_3$	213	28,2	14,1	28,2	14,1	mies/3195	—58	12,4
						o/6559	61	8,4
Nitrotoluen $C_6H_4CH_3NO_2$	137	51,1	51,1	14,6	7,3	m/6527	93	12,7
						p/6494	126	17,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dwunitrotoluen $C_6H_3 \cdot CH_3 \cdot (NO_2)_2$	182	38,5	33,0	22,0	11,0	4709	38	6,9
Trójnitrofenylometylinitroamina (tetryl) $C_6H_2(NO_2)_3NCH_3NO_2$	287	24,4	17,4	27,9	17,4	2925	—32,4	—9,3

technologicznymi względami produkcji. Głębokość cięcia można zwiększyć umieszczając ładunki kumulacyjne wzdłuż linii cięcia po dwóch stronach danego elementu. Głębokość linii cięcia można dobierać zmieniając rodzaj i grubość materiału wkładki kumulacyjnej oraz kąt wierzchołkowy jej rozwarcia, a także rodzaj użytego mat. wybuch. i jego rozmieszczenie w ładunku. Jakość cięcia można polepszyć, gdy przecinany element zostanie pokryty cienką warstwą wody. Zmniejsza to szerokość cięcia, a powierzchnia elementu po strzale jest czysta przy nieco mniejszej głębokości cięcia. Ostatnio wydłużone ładunki kumulacyjne stosowane są do cięcia statków, barek rzecznych, rurociągów itp.

ciśnienie, wielkość fizyczna, charakteryzująca intensywność sił działających na powierzchnię ciała, równa stosunkowi siły prostopadłej do powierzchni do pola tej powierzchni. W układzie sił jednostką c. jest paskal (Pa = 1 N/m²); innymi jednostkami są dyna/cm², bar, kG/cm², atmosfera, mm Hg.

ciśnienie cząstkowe, ciśnienie jednego z gazów wchodzących w skład danej mieszaniny gazowej, jakie wywierałby ten gaz, gdyby sam zajmował całą objętość mieszaniny. Jest to ważne pojęcie fizykochemiczne, wykorzystywane w obliczeniach składu mieszanin gazowych.

ciśnienie forsowania, umowna wartość ciśnienia gazów prochowych w przestrzeni zapociskowej przewodu lufy w początkowym okresie wystrzału, kiedy rozpoczyna się ruch pocisku w lufie. Pojęcie to odnosi się szczególnie do broni gwintowanej, ładowanej od wlotu, w której średnica pocisku jest nieco większa od średnicy gwintowanej części przewodu lufy. C.f. jest niezbędne do pokonania wstępnych oporów przy wciskaniu pocisku w gwint lufy. Wartość jej zależy od masy pocisku, średnicy lufy i materiału pierścieni wiodących. Zwykle wynosi 30—50 MPa.

ciśnienie gazów prochowych, ciśnienie powstałe podczas spalania się prochu o stosunkowo niskiej temperaturze, rozkładającego się z dużą prędkością na gazy o dużej prężności i bardzo wysokiej temperaturze. Produkty gazowe wywierają ciśnienie na ściany pomieszczenia, w jakim się znajdują. C.g.p. w pomieszczeniach o stałej objętości rośnie aż do chwili całkowitego spalenia się prochu, a następnie maleje z powodu strat ciepła. W pomieszczeniu o zmiennej objętości, jakim jest lufa broni palnej, c.g.p. początkowo rośnie, a po osiągnięciu wartości maksymalnej maleje wskutek wzrostu objętości przestrzeni zapociskowej i pracy napędzania pocisku, wykonywanej przez gazy prochowe. W lufie broni palnej c.g.p. nie rozkłada się równomiernie. Gazy powstające w czasie spalania się prochu rozszerzają się ruchem falowym w kierunku osi, a ruchem wirowym w kierunku promienia przewodu lufy. Zmienność c.g.p. w lufie podczas strzału wyrażają tzw. krzywe ciśnień, czyli wykresy obrazujące zależność ciśnienia od czasu lub drogi pocisku w przewodzie lufy. Przy projektowaniu broni palnej najważniejsza jest znajomość maksymal-

nego c.g.p.; w karabinach wynosi ono np. około 3000 kG/cm² ($3 \cdot 10^8$ N/m²). W broni powtarzalnej c.g.p. wykorzystywane jest jedynie do wyrzucenia pocisku z lufy, w broni samoczynnej także do uruchomienia mechanizmów broni.

ciśnienie maksymalne, największa wartość ciśnienia gazów prochowych w przewodzie lufy podczas strzału. Uzyskiwane jest zwykle w początkowym okresie spalania ładunku napędowego (po przebyciu przez pocisk drogi równej kilkakrotnej wartości kalibru). Wartość c.m. stanowi podstawę do obliczeń wytrzymałościowych wielu części i mechanizmów broni oraz jest jednym z podstawowych kryteriów doboru amunicji. We współczesnej broni palnej c.m. wynosi na ogół około 3000 kG/cm² ($3 \cdot 10^8$ N/m²).

ciśnienie robocze, ciśnienie gazów prochowych — gazowych produktów spalania w komorze spalania silnika rakietowego na stały materiał pędny, przy którym uzyskuje się wymagany ciąg silnika. Dąży się, aby ciśnienie robocze podczas pracy silnika było stałe. Stałość c.r. umożliwia opracowanie optymalnego wariantu silnika, jako środka napędowego pocisku rakietowego. W praktyce jednak uzyskanie stałego c.r. jest zwykle bardzo trudne. Regułą jest natomiast, że ciśnienie rzeczywiste w komorze spalania silnika rakietowego na stały materiał pędny zawsze asymptotycznie dąży do założonej wartości c.r. W niektórych specjalnych silnikach wymagana jest skokowa lub ciągła zmiana c.r. Uzyskuje się ją zwykle poprzez odpowiednią (programowaną) zmianę pola powierzchni spalania ładunku napędowego lub pola przekroju minimalnego dyszy silnika.

ciśnienie w komorze spalania, ciśnienie gazowych produktów silnika rakietowego. Maksymalne wartości ciśnienia w silnikach rakietowych są rzędu od kilkudziesięciu do blisko 20 MPa, a niekiedy większe.

ciśnienie w przewodzie lufy, ciśnienie gazów prochowych w przestrzeni zapociskowej przewodu lufy podczas strzału, wykorzystywane do nadania ruchu pociskowi. Jest wielkością szybkozmienną w czasie i o różnych wartościach chwilowych w różnych punktach przewodu lufy.

ciśnienie wylotowe, ciśnienie gazów prochowych w przewodzie lufy w momencie wylotu pocisku; w broni strzeleckiej jest ono rzędu tysięcy kG/cm² (setek milionów N/m²). Przy stosowaniu tej samej amunicji c.w. maleje ze wzrostem długości lufy.

coalite, handlowa nazwa jednego z amerykańskich mat. wybuch.

collier C, handlowa nazwa jednego z amerykańskich mat. wybuch.

corpent, patrz pentryt.

Courrieris, francuska kopalnia węgla, w której w 1906 r. podczas katastrofy zginęło 1099 górników. Bezpośrednią przyczyną katastrofy były prace strzałowe prowadzone przy użyciu prochu w obecności pyłu węglowego.

Cranz Carl Julius, 1858—1945, niemiecki specjalista z zakresu balistyki, współtwórca m.in. wielu balistycznych metod pomiarowych. Autor czterotomowej pracy pt. *Lehrbuch der Ballistik*.

crésylité 60/40, francuska nazwa trójnitrokrezolu.



Cybulski Wacław

Cybulski Wacław Bogusław, 1901—1973, po ukończeniu Politechniki Warszawskiej (1925) został asy-

stentem w katedrze chemii fizycznej tejże uczelni. W 1925 r. podejmuje pracę w Kopalni Doświadczalnej „Barbara" w Mikołowie, organizując ją wraz z inż. Juroffem, zaś w 1930 r. zostaje jej dyrektorem. W 1937 r. broni pracę doktorską („Badania nad zjawiskiem deflagracji polskich górniczych mat. wybuch. amonowo-saletrzanych w warunkach górniczej roboty strzałowej") w Akademii Górniczej w Krakowie. W czasie II wojny świat. przebywa we Francji i w Anglii, zaś po jej zakończeniu zostaje dyrektorem Kopalni Doświadczalnej „Barbara". W 1948 r. broni pracę habilitacyjną, w 1954 r. zostaje prof. nadzwyczajnym Polit. Śląskiej i kierownikiem Katedry Bezpieczeństwa Pracy w Górnictwie do 1969 r. Od 1960 r. jest członkiem Głównej Komisji Kwalifikacyjnej PAN, od 1969 r. stałym członkiem Państwowej Rady Górnictwa, od 1966 r. przewodniczącym Komitetu Górnictwa PAN. W 1970 r. uzyskuje tytuł prof. zwyczajnego, w 1971 r. zostaje członkiem Prezydium PAN. Szczególnie prof. Cybulski interesował się wybuchami pyłu węglowego. Dzięki jego staraniom Kopalnia Doświadczalna „Barbara" stała się jednym z czołowych w świecie ośrodków zajmujących się tymi zagadnieniami. Wykonał wiele prac o fundamentalnym znaczeniu, wyjaśniając teoretyczne podstawy zjawiska wybuchu pyłu węglowego; zajmował się szczegółowo przebiegiem wybuchu, a opracowane przez niego zapory zabezpieczające przed wybuchem stosowane w kraju i za granicą uratowały życie wielu górnikom. W dziedzinie zwalczania wybuchów metanu prace prof. Cybulskiego przyczyniły się do opanowania ich w polskim górnictwie. Jego dziełem jest większość stosowanych w polskim górnictwie mat. wybuch. Był nie tylko wybitnym uczonym, ale i praktykiem. Każda z jego 147 prac naukowo-badawczych i 4 książek miała olbrzymie znaczenie praktyczne. Otrzymał najwyższe odznaczenia państwowe i tytuł „Zasłużonego Górnika PRL"; trzykrotny laureat nagrody państwowej.

cykloczterometylenoczteronitroamina, patrz oktogen.

cyklonit, patrz heksogen.

cyklotol, mat. wybuch. o składzie 23% trotylu oraz 77% heksogenu, prędkości detonacji 8250 m/s przy gęstości 1,74 g/cm³, ciśnieniu na froncie fali detonacyjnej 313 kbar.

cyklotrójmetylenotrójnitroamina, patrz heksogen.

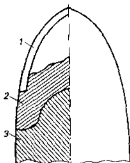
Czajkowski Henryk, ur. 1932 r. absolwent Politechniki Gdańskiej, specjalista w dziedzinie wybuchowego zgrzewania metali i spawalnictwa. Autor 32 publikacji naukowych, 24 opracowań naukowych oraz 6 patentów.

Czarnecki Andrzej, inż. chemik, pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* rozpoczął ok. 1932 r. w fabryce bawełny strzelniczej na stanowisku kierownika laboratorium fabrycznego; prowadził badania kontrolne nitrocelulozy. W 1936 r. przeszedł do nowo budowanej w Pionkach fabryki mas plastycznych, gdzie pracował do wybuchu II wojny świat.

cząsteczkowość reakcji, najmniejsza liczba cząsteczek biorących udział w elementarnej reakcji chemicznej, niezbędna do utworzenia cząsteczki produktu reakcji. Reakcje chemiczne są zwykle jedno- lub dwucząsteczkowe, rzadziej trójcząsteczkowe. Pojęcia tego nie należy mylić z liczbą atomów w sumarycznym równaniu reakcji, np. synteza wody $2H_2+O_2=2H_2O$ w rzeczywistości składa się wyłącznie z reakcji jedno- i dwucząsteczkowych, jakkolwiek po lewej stronie powyższego równania sumarycznego występują aż trzy cząsteczki.

Czelcowy J.M., rosyjski chemik, który wniósł duży wkład w opracowanie amonowo-saletrzanych mat. wybuch. Przedstawił on w 1886 r. mieszaninę składającą się w 72,5% z saletry amonowej oraz w 27,5% z pikrynianu amonowego.

czepiec balistyczny (ochronny): 1) powłoka metalowa lub z tworzywa sztucznego o kształcie opływowym, nakładana przeważnie na pociski przeciwpancerne lub głowice niektórych pocisków w celu zmniejszenia oporu



Czepiec balistyczny:
1 — czepiec balistyczny, 2 — czepiec ochronny (p.panc.), 3 — kadłub pocisku

powietrza i polepszenia współczynnika kształtu pocisku. Przy uderzeniu pocisku w pancerz rozpada się i nie wpływa ujemnie na przebicie pancerza; 2) część zapalnika głowicowego stosowanego w przypadkach, gdy konstrukcja zapalnika nie odpowiada kształtowi balistycznemu pocisku. W zapalnikach pirotechnicznych cz.b. ma pewną liczbę otworów w celu stworzenia możliwie dogodnych warunków przy spalaniu się ścieżki prochowej w czasie lotu *pocisku (bomby itp.) do celu.*

Czerwiński Wiktor, 1886—1976, absolwent Warszawskowo Politechniczeskowo Instytuta im. Imperatora Nikołaja II (1916), oficer szkoły pirotechników wojskowych w Leningradzie.



Czerwiński Wiktor

W latach 1924/25 pracownik Politechniki Warszawskiej. 1 lutego 1925 r. rozpoczął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu i Materiałów Kruszących w Zagożdżonie* (później *PWP w Pionkach*), gdzie budował i uruchomił fabryki bawełny *strzelniczej i kwasu azotowego* bez pomocy specjalistów zagranicznych. Prowadził badania nad wytwarzaniem nitrocelulozy do produkcji lakierów i celuloidu oraz nad zastosowaniem nitrocelulozy drzewnej do wyrobu prochów. Zmodernizował fabrykę bawełny strzelniczej, w wyniku czego produkcja jej wzrosła trzykrotnie. Opatentował sposób uszlachetniania celulozy (celuloza siarczynowa). W 1934 r. przejął budowę wielkiej fabryki celulozy w Niedomicach, którą zaprojektował i uruchomił w 1937 r. W 1930 r. otrzymał Srebrny Krzyż Zasługi, zaś w 1938 r. Złoty Krzyż Zasługi. Po II wojnie świat. był organizatorem i dyrektorem Południowego Zjednoczenia Przemysłu Papierniczego, a następnie Biura Projektów Przemysłu Papierniczego i Celulozowego.

czteroazotan pentaerytrytu, patrz *pentryt.*

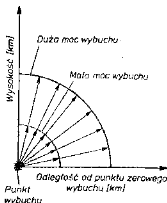
czteroetylek ołowiu, $Pb(C_2H_5)_4$, najbardziej rozpowszechniony antydetonator (substancja przeciwstukowa), powodujący zmniejszenie podatności paliwa na spalanie „detonacyjne"; ciecz o gęstości 1,652 g/cm^3, bezbarwna, nierozpuszczalna w wodzie, rozpuszczalna w wielu rozpuszczalnikach organicznych, m.in. w benzynie. Rozkłada się przy ogrzaniu do ok. 200°C, jak również powoli w obecności światła dziennego, silnie toksyczny. W postaci płynu etylowego, którego jest głównym składnikiem, wprowadza się go do benzyn w celu podniesienia liczby oktanowej. Na kilogram paliwa daje się do 2 cm^3 cz.o.; większe ilości nie powodują wzrostu liczby oktanowej, zaś zwiększają toksyczność *i własności* korodujące paliwa, a także jego koszt. Wpływ cz.o. na wzrost liczby oktanowej *zależy od składu chemicznego* paliwa. Związki siarkowe przeciwdziałają aktywnemu wpływowi cz.o. na wzrost liczby oktanowej paliwa.

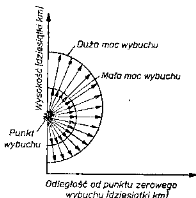
czteronitroglycolurile, francuski mat. wybuch. o symbolu *Sorguyl*, temperaturze topnienia 237°C, prędkości detonacji 9150 m/s przy gęstości 2,01 g/cm³.

czteronitrometan, $C(NO_2)_4$, nitrozwiązek, bezbarwna ciecz o zapachu tlenków azotu, trująca, o temperaturze krzepnięcia 14,2°C, gęstości 1,65 g/cm³ w 15°C i lepkości 1,7 m·Pa·s; substancja niehigroskopijna, praktycznie nierozpuszczalna w wodzie i glicerynie; dobrze rozpuszczalna w większości rozpuszczalników organicznych, stężonym kwasie azotowym i tlenkach azotu. Cz. jest trwały w niskich temperaturach, ulega powolnemu rozkładowi w temperaturze ponad 30°C; zasady przyspieszają jego rozkład. Czysty stanowi słaby i mało wrażliwy mat. wybuch., natomiast w mieszaninie z substancjami palnymi tworzy mocne mieszaniny wybuchowe, zarazem bardzo wrażliwe na bodźce mechaniczne, niebezpieczne w użyciu. Cz. jest silnym utleniaczem, zawartość aktywnego tlenu dochodzi do 1,07 kg/l i jest bliska zawartości w ciekłym tlenie (1,14 kg/l). W okresie II wojny świat. Niemcy prowadzili próby zastosowania cz. do napędu rakietowego, jednak wysoka temperatura krzepnięcia, zdolność do tworzenia wrażliwych mieszanin wybuchowych ogranicza jego praktyczne zastosowanie jako samodzielnego utleniacza w paliwach rakietowych.

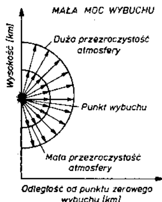
czynniki rażące wybuchu jądrowego, zjawiska towarzyszące wybuchowi jądrowemu. Należą do nich: promieniowanie cieplne (świetlne), początkowe promieniowanie jądrowe (przenikliwe), fala podmuchu (uderzeniowa), fala ciśnienia (nadciśnienia) powstająca w ziemi lub w wodzie, promieniowanie rentgenowskie, impuls elektromagnetyczny, fale grawitacyjne (powierzchniowe) oraz skażenia promieniotwórcze. Rola i znaczenie każdego z nich zależą od wielu czynników, np. rodzaju rażonego obiektu, rodzaju wybuchu jądrowego i jego mocy, warunków meteorologicznych, ukształtowania terenu itp. F a l a p o d m u c h u towarzyszy wybuchom powietrznym, naziemnym, nawodnym oraz podziemnym i podwodnym przeprowadzanym na niezbyt dużej głębokości; odgrywa decydującą rolę w działaniu wybuchu na różnego rodzaju budowle naziemne i sprzęt, znajdujące się na powierzchni ziemi oraz w powietrzu na małych wysokościach, ponadto może również spowodować określonego rodzaju uszkodzenie lub nawet zatopienie nawodnych jednostek pływających. W niezbyt dużych odległościach od punktu wybuchu fala podmuchu ma charakter fali uderzeniowej. Promień rażenia fali podmuchu jest w przybliżeniu proporcjonalny do pierwiastka trzeciego stopnia z mocy wybuchu i jest największy dla wybuchów naziemnych (nawodnych) oraz niskich powietrznych. Maleje wraz ze wzrostem wysokości wybuchu; w przypadku wybuchów na wysokościach większych od 20 km fala podmuchu przestaje być podstawowym czynnikiem rażącym. P r o m i e n i o w a n i e c i e p l n e towarzyszy wybuchom naziemnym, nawodnym, powietrznym i wybuchom na dużej wysokości, działa rażąco przede wszystkim na ludzi i inne istoty żywe oraz może spowodować zapalenie się, zwęglenie lub stopienie różnych materiałów oraz powstawanie masowych pożarów. Wystąpienie określonego rodzaju porażenia zależy od wielu czynników warunkujących wielkość impulsu napromieniowania i impulsu rażącego. Przy dużej przezroczystości atmosfery promieniowanie cieplne ma decydujące znaczenie dla naziemnych (nawodnych) i powietrznych wybuchów jądrowych o mocy od kilku do kilkunastu megaton, a czasami i większej; przy bardzo małej przezroczystości atmosfery ma ono decydujące znaczenie w zasadzie tylko dla wybuchów o średniej mocy. P o c z ą t k o w e p r o m i e n i o w a n i e j ą d r o w e towarzyszy wszystkim rodzajom wybuchów jądrowych, z wyjątkiem podziemnych na dużej głębokości. Największe znaczenie ma ono dla wybuchów w atmosferze. Działa rażąco przede wszystkim na ludzi i inne istoty żywe, może spowodować

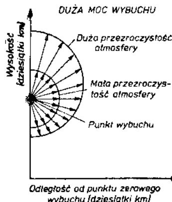
zmiany w elementach elektronicznych, jak również w niektórych materiałach. Odległość od punktu zerowego wybuchu, na której może wystąpić działanie rażące tego promieniowania na ludzi znajdujących się poza ukryciami na powierzchni ziemi, zależy od mocy i wysokości wybuchu. Ze wzrostem mocy wybuchu rola jego maleje i większe znaczenie mają wtedy inne czynniki rażące (promieniowanie cieplne, fala uderzeniowa). W działaniu rażącym wybuchu jądrowego na ludzi znajdujących się w ukryciu promieniowanie to może mieć decydujące znaczenie nawet przy średniej i dużej mocy wybuchu. Początkowe promieniowanie jądrowe, a przede wszystkim natychmiastowe promieniowanie neutronowe i wychwytowe promieniowanie gamma, może mieć szczególnie duże znaczenie przy wybuchach tzw. broni neutronowej. F a l e c i ś n i e n i a (nadciśnienia) powstające w ziemi





Wpływ wysokości wybuchu na promień rażenia ludzi początkowym promieniowaniem jądrowym



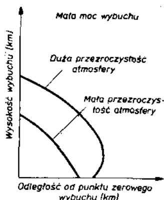


Promień rażenia promieniowaniem cieplnym ludzi znajdujących się w samolotach lub śmigłowcach w powietrzu

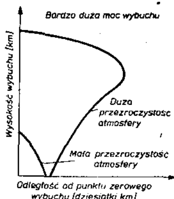
przy wybuchu jądrowym są podobne do fal sejsmicznych towarzyszących trzęsieniom ziemi. Zasadnicze różnice występują głównie na niewielkich odległościach od punktu zerowego wybuchu. Fale te działają rażąco na obiekty znajdujące się całkowicie lub częściowo w ziemi. Mogą być wytworzone przez powietrzną falę uderzeniową (falę podmuchu) oraz bezpośrednio przez kulę ognistą. Towarzyszą wybuchom podziemnym, naziemnym i powietrznym. Mogą powstawać nie tylko w ziemi, lecz również w wodzie, szczególnie przy wybuchach podwodnych, nawodnych i powietrznych nad wodą. Na bliskich odległościach od punktu wybuchu fale ciśnienia, powstające w ziemi, jak i w wodzie, mają charakter fali uderzeniowej. Znaczenie tych fal maleje ze wzrostem wysokości wybuchu i rośnie ze wzrostem jego głębokości.

P r o m i e n i o w a n i e r e n t g e n o w s k i e jako czynnik rażący towarzyszy wybuchom na dużej wysokości. Względna ilość energii wybuchu wydzielająca się w postaci tego promieniowania zależy od wysokości wybuchu i może wynosić nawet kilkadziesiąt procent. Przy wybuchach na wysokości

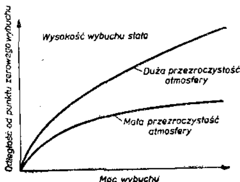
a)



b)



c)



Wpływ różnych czynników na odległość od punktu zerowego wybuchu, na której występuje porażenie promieniowaniem cieplnym ludzi znajdujących się poza ukryciami na powierzchni ziemi

ok. 80—100 km i większych jest to podstawowy czynnik rażenia. Impuls elektromagnetyczny towarzyszy prawie wszystkim rodzajom wybuchów, jednak największe znaczenie jako czynnik rażący ma przy wybuchach naziemnych (nawodnych) i na dużej wysokości. Może spowodować uszkodzenie różnego rodzaju linii przesyłowych elektrycznych przez wytworzenie odpowiednio dużych napięć. Zasięg działania rażącego tego impulsu zależy od wielu czynników i może niekiedy wynosić kilkadziesiąt, a nawet kilkaset kilometrów. Fale grawitacyjne (powierzchniowe) jako czynnik rażący towarzyszą przede wszystkim wybuchom podwodnym. Mogą one spowodować nie tylko zatopienie lub uszkodzenie jednostek pływających, lecz również zniszczenie lub uszkodzenie urządzeń portowych i nadbrzeżnych oraz zalanie wodą określonych obszarów na powierzchni ziemi. Są one jednym z podstawowych czynników rażących podwodnych wybuchów jądrowych i w niektórych przypadkach mogą odgrywać decydującą rolę, szczególnie na dalszych odległościach od punktu zerowego. Czas działania wszystkich przedstawionych wyżej czynników wynosi od ułamków sekund do kilku lub najwyżej kilkunastu minut. Zupełnie inny jednak jest charakter i czas działania rażącego skażeń promieniotwórczych powstających po wybuchu jądrowym. Stanowią one bardzo poważne zagrożenie dla ludzi i innych istot żywych, przy czym czas występowania tego zagrożenia może wynosić do kilku tygodni, a nawet kilku miesięcy po wybuchu. Dotyczy to przede wszystkim wybuchów naziemnych i podziemnych na niewielkiej głębokości. Skażenia promieniotwórcze powstają również po wybuchach podwodnych i nawodnych, niekiedy także po niskich wybuchach powietrznych.

D

dahmenit, handlowa nazwa niemieckiego mat. wybuch. o składzie: 91,3% NH_4NO_3, 6,5% naftalenu, 2,2% $K_2Cr_2O_7$ i temperaturze wybuchu 2064°C.

DATB, symbol mat. wybuch. o nazwie chemicznej 1,3-dwuamino-2, 4, 6-trójnitrobenzen (patrz 1,3-dwuamino-2, 4, 6-trójnitrobenzen).

DATE, skrót nazwy dwuaminotrójnitrobenzol (USA).

DATNB, skrót nazwy dwuaminotrójnitrobenzol (USA).

Dantriche metoda, patrz prędkość detonacji (pomiar).

DBP, skrót nazwy dwubutylonaftalen (USA).

DBT, mieszanina dwunitrobenzolu z trotylem, produkowana w ZSRR.

DBX, mat. wybuch. o składzie: 21% heksogenu, 40% trotylu, 21% saletry amonowej, 18% aluminium.

DD, skrót nazwy stosowanej we Francji mieszaniny kwasu pikrynowego i dwunitrofenolu.

DDNP, patrz dwuazodwunitrofenol.

deflagracja, spalanie wybuchowe; rodzaj przemiany wybuchowej, w której przekazywanie energii cieplnej ze strefy reakcji do warstwy mat. wybuch. nie objętej reakcją obywa się na drodze przewodnictwa i promieniowania. Prędkość liniowa procesu zależy od ciśnienia zewnętrznego i waha się w granicach od mm/s do kilkuset m/s. **D.** stanowi podstawową przemianę wybuchową miotających mat. wybuch. W warunkach znacznego wzrostu ciśnienia i temperatury (w zamkniętej objętości) może przebiegać z nie ustaloną prędkością i po przekroczeniu krytycznych wartości tych parametrów może przejść w detonację. **D.** dla wielu mat. wybuch. skondensowanych ma charakter reakcji utleniania kosztem tlenu zawartego w mat. wybuch., czym różni się od zwykłych paliw spalających się w obecności tlenu z powietrza.

DEGN, patrz dwunitrodwuglikol.

degresywność spalania, patrz spalanie degresywne.

degresywny kształt prochu, kształt ziarna prochowego, którego powierzchnia zmniejsza się w miarę spalania. Przykładem degresywnego kształtu prochu są ziarna w kształcie walca, sześcianu itp.

dentex, angielski mat. wybuch. o składzie: 48% heksogenu, 34% dwunitrotoluenu, 18% aluminium.

Departament III Artylerii Ministerstwa Spraw Wojskowych, jeszcze przed odzyskaniem niepodległości Rada Regencyjna Królestwa Polskiego dekretem z dnia 26 X 1918 r. przekształciła Komisję Wojskową w Ministerstwo Spraw Wojskowych. Sprawy uzbrojenia rozpatrywano w Departamencie Artyleryjskim tegoż ministerstwa. 10 I 1919 r. w skład Departamentu Artyleryjskiego weszły sekcje: zaopatrzenia, broni, ładunków pociskków i naboi, chemiczna, naukowo-doświadczalna i kancelaria. W czasie reorganizacji Ministerstwa Spraw Wojskowych w marcu 1920 r. Departament VII Artyleryjski przemianowano na Departament Uzbrojenia. Podczas kolejnej reorganizacji w dniu 22 VIII 1921 r. zamiast Departamentu Uzbro-

jenia utworzono Departament III Artylerii i Uzbrojenia. Zgodnie z nową organizacją Departament przejął sprawy artylerii. Dnia 20 VII 1926 r. nastąpiła reorganizacja Departamentu III Artylerii i Uzbrojenia; rozdzielono ostatecznie sprawy artylerii od uzbrojenia tworząc dwa oddzielne departamenty: Departament Artylerii i Departament Uzbrojenia. **Departament Uzbrojenia Ministerstwa Spraw Wojskowych,** 20 VII 1926 r. zlikwidowano Departament III Artylerii i Służby Uzbrojenia. Utworzono Departament Uzbrojenia Ministerstwa Spraw Wojskowych w składzie: wydział broni, wydział amunicji i samodzielny referat rachunkowo-budżetowy podległy wiceministrowi. 1 IX 1931 r. zlikwidowano samodzielną instytucję Inspekcję Chemiczną Uzbrojenia przez wcielenie jej w skład Departamentu Uzbrojenia. W 1933 r. utworzono w Departamencie Inspekcję Zakładów Przetwarzających Uzbrojenia. 20 IV 1934 r. departament zatrudniał: 26 oficerów, 1 podoficera, 43 osoby personelu cywilnego. Szefowi Departamentu Uzbrojenia jako organy wykonawcze podlegały: Kierownictwo Zaopatrzenia Uzbrojenia, Instytut Techniczny Uzbrojenia i Instytut Przeciwgazowy, zbrojownie i Wojskowe Wytwórnie Uzbrojenia oraz Szkoła Uzbrojenia i Szkoła Gazowa.

Derentowicz Henryk, ur. 1933, absolwent Wojskowej Akademii Technicznej i Politechniki Warszawskiej; doktorat na temat spalania miotających mat. wybuch. (1972). Specjalista w dziedzinie fizyki wybuchu, kumulacji energii, wykorzystania mat. wybuch.; uczeń i były współpracownik prof. S. Kaliskiego. Współautor ponad 40 publikacji naukowych, głównie w dziedzinie superwysokich ciśnień dynamicznych. Współtwórca polskiej metody wybuchowej realizacji mikrosyntezy termojądrowej. Laureat 4 nagród ministerialnych oraz Nagrody Państwowej I stopnia (1978), zdobywca tytułu „Mistrz Techniki Polskiej" (1973).

detonacja, rodzaj przemiany wybuchowej, przemieszczającej się w mat. wybuch. w formie fali detonacyjnej ze stałą i największą możliwą prędkością, w określonych warunkach, znacznie przewyższającą prędkość fali akustycznej. W gazowych mat. wybuch. prędkość d. wynosi 1000—3000 m/s, zaś w mat. wybuch. ciekłych i stałych 3000—9000 m/s. Wartość prędkości d. stanowi cechę charakterystyczną danego mat. wybuch.; zależy głównie od jego ciepła wybuchu i gęstości oraz średnicy ładunku w przedziale średnic krytycznej i granicznej. D. stanowi podstawową formę przemiany kruszących oraz częściowo inicjujących mat. wybuch. Uważa się, że d. obejmuje krąg zjawisk dotyczących różnych rodzajów spalania z prędkością przewyższającą prędkość dźwięku. Wyraźnej zewnętrznej różnicy między płomieniami detonacyjnym i tzw. „normalnym" odpowiada różnica mechanizmów rozprzestrzenienia się tych płomieni. Płomień normalny rozprzestrzenia się dzięki przewodnictwu cieplnemu i dyfuzji centrów aktywnych ze strefy reakcji (czoła płomienia) do gazu znajdującego się w stanie spoczynku. Dlatego też prędkość jego wyznaczana przez zjawiska przenoszenia cząsteczkowego zawsze jest znacznie mniejsza od średniej cieplnej prędkości cząsteczek, tzn. mniejsza od prędkości dźwięku, a różnica ciśnienia w płomieniu, spowodowana przez zmianę prędkości cząsteczek, zawsze jest mała. Koniecznym warunkiem spalania detonacyjnego jest obecność silnej fali uderzeniowej o dużym skoku ciśnienia i prędkości cząsteczek większej od prędkości dźwięku. Prędkość spalania detonacyjnego nie jest związana z dyfuzją i przewodnictwem cieplnym i wielokrotnie przewyższa prędkość dźwięku w substancji detonowanej. Większość badaczy uważa, że główną rolę w przenoszeniu detonacyjnego spalania spełnia sprężanie i nagrzewanie mieszaniny palnej przez falę uderzeniową, związaną z falą reakcji i podtrzymywaną przez nią. Jednym z pierwszych, którzy przyjmowali taki punkt widzenia, był Michelson (1899). Zjawisko d. gazów odkryte przez Berthelota (1818) było wielo-

krotnie badane. Zainteresowanie nim wynika z jego dużego znaczenia technicznego, głównie w zagadnieniach bezpieczeństwa przed wybuchami w kopalniach i przemyśle chemicznym.

detonacja pod wodą, po detonacji ładunku pod wodą gazy powybuchowe oddziałują na otaczające warstwy wody, powodując w nich zmiany, zgodnie z prawami hydrodynamiki. Woda po wybuchu wraca do pierwotnej objętości. Ściśliwość wody, choć niewielka, powoduje, że powstałe ciśnienie wytwarza falę, przekazującą ciśnienie do dalszych miejsc. Produkty detonacji w postaci pęcherza gazowego rozszerzają się z coraz mniejszą prędkością. Pod koniec rozszerzania się ciśnienie produktów gazowych spada poniżej ciśnienia hydrostatycznego i pęcherz zaczyna zmniejszać objętość z coraz większą prędkością. Ściskanie pęcherza gazowego kończy się w chwili, gdy ciśnienie wewnątrz niego zostanie zrównoważone przez bezwładność otaczającej wody. W końcu procesu ściskania (zmniejszania średnicy pęcherza) ciśnienie wewnątrz pęcherza jest większe od ciśnienia hydrostatycznego i w ten sposób następuje pulsacja pęcherza, która może powtarzać się do 10 razy. Proces pulsacji następuje przy jednoczesnym jego wypływie na powierzchnię wody. Przy małej głębokości wybuchu ładunku może wystąpić wyrzucenie słupa wody.

detonacja w ziemi (gruncie), rozchodzenie się produktów wybuchu w ziemi wyraźnie różni się od rozchodzenia się ich w cieczy. Przyczyną jest porowatość gruntu. Przy ściskaniu gruntu początkowo następuje zbliżenie poszczególnych jego cząstek (wzrost gęstości). Zagęszczenie gruntu następuje także przy stosunkowo niskich ciśnieniach rzędu kilkuset MPa i obejmuje znacznie większą strefę (około kilkuset objętości początkowych ładunku). Zmiana gęstości jest tu nieodwracalna, podczas gdy w cieczy, po spadku ciśnienia, gęstość środowiska przyjmuje wartość początkową. Przy wybuchu w gruncie znaczna część energii wybuchu zostaje zużyta na rozbicie cząstek gruntu. Tego typu straty energii określają promień burzącego działania wybuchu.

detonacji teoria hydrodynamiczna, patrz hydrodynamiczna teoria detonacji.

detonator, ładunek pobudzający, pośredni ładunek mat. wybuch. umieszczony między spłonką detonującą a ładunkiem kruszącego mat. wybuch., przenoszący detonację od spłonki na mat. wybuch. kruszący. Do wyrobu detonatorów stosuje się mat. wybuch. o dużej mocy i podwyższonej podatności na detonację, np. trotyl w postaci prasowanej, tetryl, heksogen, pentryt.

detonator miny morskiej, pośredni ładunek mat. wybuch. umieszczony między zapalnikiem miny a ładunkiem kruszącego mat. wybuch.; składa się z metalowego kadłuba (wypełnionego materiałem o dużej sile wybuchu, np. trotylem), który zaopatrzony jest w tuleję dla pomieszczenia zapalnika i uchwyty do mocowania w minie. W dużych cylindrycznych minach dennych, mających komory z kruszącym mat. wybuch. o długości ponad 1 m, stosuje się dodatkowe detonatory, które stanowią przedłużenie d.m.m. i umieszczone są w osi wzdłużnej miny. Kostki tetrylu detonatora dodatkowego znajdują się w rękawie z materiału włókienniczego.

detonator podwodny, niewielki ładunek mat. wybuch. wyrzucany za burtę w celu pomiaru głębokości. Fala dźwiękowa wytworzona na skutek wybuchu ładunku dociera do dna, odbija się od niego i powracając odbierana jest przez specjalny odbiornik na okręcie. Znając prędkość rozchodzenia się dźwięku w wodzie oraz czas, jaki upłynął od momentu wybuchu do momentu powrotu fali dźwiękowej w postaci echa, można obliczyć głębokość na jakiej znajduje się dno. Po wprowadzeniu echosondy tego sposobu mierzenia głębokości nie stosuje się.

detonator torpedy, pośredni ładunek mat. wybuch. umieszczony między zapalnikiem torpedy a ładunkiem kruszącego mat. wybuch.; przenosi detonację zapalnika na ładunek zasadniczy. Ze względu na dużą ilość mat. wybuch.

(do 500 kg), a także konieczność zapewnienia 100% pewności zadziałania, w głowicach torped bojowych znajdują się dwa identyczne urządzenia zapalające wraz z detonatorami. D.t. składa się z kadłuba metalowego, mającego wewnątrz tulejki do zapalników. Przykręcany jest do urządzenia zapalającego. Kadłuby detonatorów wypełnione są kostkami materiału o dużej sile wybuchu (tetryl).

diazol, patrz **DDNP**.

dimaziu, dwumetylohydrazyna.

dina, $C_4H_8N_4O_8$, mat. wybuch. o gęstości 1,488 g/cm³, prędkości detonacji 7580 m/s przy gęstości 1,46 g/cm³, objętości gazów powybuchowych 943 l/kg, cieple wybuchu 1286 kcal/kg.

dinal, patrz dwunitronaftalen.

dinol, patrz **DDNP**.

dipam, symbol mat. wybuch. o nazwie chemicznej 3,3′-dwuamino-2,2′,4,4′,6,6′-sześcionitrodwufenyl (patrz 3,3′-dwuamino-2,2′,4,4′,6,6′-sześcionitrodwufenyl).

DMEDNA, skrót nazwy dwumetyloetylodwunitroamina (USA).

DMNA, skrót nazwy dwumetylodwunitroamina (USA).

Dmytrak Tadeusz, ur. 1909 r., inż. chemik; po ukończeniu studiów wyższych podjął w 1933 r. pracę w Centralnym Laboratorium *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*, gdzie od 1935 r. był zastępcą kierownika działu analitycznego. Prowadził nowatorskie prace w zakresie metod analitycznych, scukrzania celulozy i otrzymywania nitrozwiązków oraz syntezy centralitu. Po II wojnie świat. wprowadzał nowe technologie wytwarzania mat. wybuch. Specjalista w dziedzinie badań przyczyn wypadków (wybuchów) związanych z produkcją mat. wybuch. Autor 1 patentu, 3 usprawnień.

DNAP, skrót nazwy dwunitrodwuazofenol (USA).

DNB, skrót nazwy dwunitrobenzol.

DNCB, skrót nazwy dwunitrochlorobenzol (USA).

DNDPhA, skrót nazwy dwunitrodwufenyloamina (USA).

DNG, skrót nazwy dwunitrogliceryna (USA).

DNMA, skrót nazwy dwunitrometyloamina (USA).

DNPh, skrót nazwy dwunitrofenol (USA).

DNR, skrót nazwy dwunitrorezorcyna (USA).

DNX, skrót nazwy dwunitroksylol (USA).

DNT, patrz dwunitrotoluen.

dodatki przeciwstukowe, patrz antydetonatory.

donarit 1, niemiecki przemysłowy mat. wybuch. o składzie: 6% nitrogliceryny, 78% saletry amonowej, 12% nitrozwiązków aromatycznych, 4% stałych materiałów pędnych; prędkości detonacji 4500 m/s przy gęstości 1,0 g/cm³, cieple wybuchu 4000 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 900 l/kg.

donaryt żelatynowy, mat. wybuch. zawierający 22% nitroglikolu lub mieszaniny nitroglikolu z nitrogliceryną zżelatynowanej 0,8% bawełny kolodionowej, 11% ciekłej mieszaniny trotylu z dwunitrotoluenem, 55% azotanu amonowego, 10% azotanu sodowego, 1% mączki drzewnej i 0,2% wypałków pirytowych. Wydęcie w bloku ołowianym wynosi 380 cm³, prędkość detonacji 6150 m/s.

DPA, skrót nazwy dwufenyloamina (USA).

DTB, $C_6H_3N_2(NO_2)_3$, mat. wybuch. o prędkości detonacji 7520 m/s przy gęstości 1,79 g/cm³, ciśnieniu na froncie fali detonacyjnej 259 kbar.

dublowanie zapalnika, stosowanie dwóch (a nawet więcej) równolegle połączonych zapalników w celu zwiększenia pewności zadziałania (pobudzenia ładunku). Mogą to być zapalniki jednakowego typu lub działające na różnych zasadach.

duobel, handlowa nazwa jednego z amerykańskich mat. wybuch.

Du Pont de Nemours and Company, największa i najstarsza firma w USA, produkująca mat. wybuch., prowadzona od ponad 200 lat przez członków tej samej rodziny. Człon „de Nemours" został dodany do nazwiska w czasach, gdy protoplasta

Pierre Samuel du Pont był członkiem Stanów Generalnych we Francji (1739—1817), reprezentując miasto Nemours. Syn jego *Eleuthere Irénée* po ukończeniu 18 lat został wysłany na praktykę do prowadzonej przez rząd francuski fabryki prochu czarnego w Esson, gdzie kształcił się pod kierunkiem Lavoisiera. W 1791 r. w wyniku zmian politycznych po rewolucji powrócił do Paryża. W 1797 r. rodzina du Ponta de Nemours tylko przypadkiem uniknęła deportacji do Gujany. Wówczas zdecydowali się wyjechać do USA. W 1801 r. Irénée przybywa do Francji w celu zakupu odpowiednich *urządzeń z myślą założenia w USA* fabryki mat. wybuch. Po powrocie do Ameryki decyduje się na lokalizację fabryki w Wilmington, której budowę zakończono w 1804 r. W 1807 r. nastąpił wybuch spowodowany samozapłonem saletry. Po odbudowie firma rozrastała się, choć towarzyszyły temu rozmaite przeciwności losu. Eleuthere Irénée du Pont Nemours zmarł w 1834 r. Przez następne trzy lata firmę prowadził jego brat przyrodni Antoine Buderman. W 1837 r. kierownictwo *przejął syn du Ponta — Alfred Victor*. Był aktywnym przedsiębiorcą; przez 20 lat rozwijał firmę założoną przez ojca, stosował nowoczesne urządzenia i technologie. W 1850 r. przekazał firmę swemu bratu Henry du Pont, absolwentowi akademii wojskowej w West Point, który kierował nią do *1889* r. Następnym liderem firmy był Eugene du Pont (1889—1899). W 1899 r. zmieniono strukturę organizacyjną firmy przekształcając ją w korporację. Pierwszym prezydentem był *Eugene du Pont, kolejnymi Thomas* Coleman du Pont (do 1915), Pierre Samuel du Pont (1915—1919), Irénée du Pont (1919—1926), Lammot du Pont (od 1926 r.).

Dwojak Stanisław, ur. 1930 r., absolwent Politechniki Warszawskiej, doktorat z zakresu balistyki wewnętrznej (1969), nominacja na profesora w 1981 r. Specjalista w zakresie konstrukcji amunicji, mechaniki precyzyjnej i metrologii, a także organizacji i zarządzania placówkami naukowo-badawczymi. Opracował granatnik przeciwpancerny kumulacyjny jako indywidualną *broń strzelca w oparciu o pm Kałasznikowa*, zorganizował Instytut Przemysłowy Automatyki i Pomiarów. Autor lub współautor 60 publikacji, ponad 80 opracowań naukowo-badawczych, 19 patentów i wzorów użytkowych, laureat kilkunastu nagród ministerialnych.

1,3-dwuamino-2,4,6-trójnitrobenzen, DATB, mat. wybuch. o temperaturze topnienia 286°C, prędkości detonacji 7670 m/s przy gęstości 1,84 g/cm³, ciśnieniu na froncie detonacji 260 kbar.

3,3'-dwuamino-2,2',4,4',6,6'-sześcionitrodwufenyl, DIPAM, mat. wybuch. o temperaturze topnienia 304°C, prędkości detonacji 7490 m/s przy gęstości 1,79 g/cm³.

dwuazodwunitrofenol, $C_6H_2N_4O_5$, mat. wybuch. o dużej zdolności inicjowania, stosowany coraz częściej w spłonkach zapalających i detonujących.

dwuazotan dwuetylenoglikolu, $O(CH_2CH_2ONO_2)_2$, dwunitrodwuglikol, ester kwasu azotowego i dwuetylenoglikolu o własnościach wybuchowych nieco słabszych od *nitrogliceryny;* ciecz oleista, bezbarwna, krystalizuje w dwóch odmianach: trwałej (o temperaturze krzepnięcia 2°C) i nietrwałej (o temperaturze krzepnięcia — 10,9°C), o gęstości 1,39 g/cm³ w 15°C i lepkości 8,1 mPa·s w temperaturze 20°C. D.d. jest niehigroskopijny, nierozpuszczalny w wodzie, alkoholu etylowym, czterochlorku węgla; dobrze rozpuszczalny w nitroglicerynie (z obniżeniem temperatury krzepnięcia, np. mieszanina 40% d.d. i 60% nitrogliceryny krzepnie *przy — 19,5°C) i większości rozpusz*czalników organicznych. Własności chemiczne i trwałość ma podobne jak nitrogliceryna, lecz jest znacznie mniej wrażliwy na uderzenie. Ze względu na lepsze od nitrogliceryny własności rozpuszczania (żelatynizacji) nitrocelulozy oraz możliwość produkcji z półproduktów syntetycznych d.d. jest stosowany w szerokim zakresie od czasu II wojny świat. do wyrobu prochów bezdymnych typu balistytu, a także

w mieszaninach wybuchowych zamiast nitrogliceryny lub razem z nią, np. w dynamitach niemarznących.

dwuazotan glikolu etylowego, patrz nitroglikol.

dwufenyloamina, $(C_6H_5)_2NH$, związek chemiczny używany w przemyśle mat. wybuch. jako stabilizator prochów bezdymnych, stosowany szczególnie w produkcji prochów nitrocelulozowych.

dwunaftalit, patrz sznajderyt.

dwunitrobenzen, $C_6H_4(NO_2)_2$, mat. wybuch. stosowany w okresie I wojny świat. do napełniania pocisków (Niemcy) i min (Rosja) zamiast trotylu. Silna trucizna szkodliwie działająca na krew i wątrobę.

dwunitrochlorhydryna, $C_3H_5(ONO_2)_2Cl$, ester kwasu azotowego i alkoholu, używany do obniżania temperatury zamarzania dynamitu. Zamarza, podobnie jak nitroglikol, w temperaturze —22°C. Tworzy dobre żelatyny w mieszaninie z nitrogliceryną. Jest mało wrażliwa na uderzenie; temperatura zapłonu d. wynosi 190——205°C.

dwunitrodwuglikol, patrz dwuazotan dwuetylenoglikolu.

dwunitrofenol, $C_6H_3OH(NO_2)_2$, nitrozwiązek o własnościach wybuchowych, powstający w wyniku reakcji nitrowania fenolu. Silnie toksyczny, używany tylko jako składnik do produkcji innych mat. wybuch.

dwunitrogliceryna, $C_3H_5ON(ONO_2)_2$, dwuazotan nitrogliceryny, związek chemiczny otrzymywany w wyniku nitrowania gliceryny. Stosowany, podobnie jak nitrogliceryna, do wytwarzania trudno zamarzalnej żelatyny wybuchowej, stanowiącej produkt wyjściowy przy produkcji dynamitów trudno zamarzalnych. Temperatura zamarzania d. wynosi —38°C.

dwunitronaftalen, $C_{10}H_6(NO_2)_2$, substancja o barwie żółtej lub pomarańczowej, będąca mieszaniną kilku izomerów tego związku. Słaby mat. wybuch. stosowany w czasie I wojny świat. i częściowo II, wchodził w skład mieszanin wybuchowych: sznajderytu i szedytu.

dwunitrotoluen, $C_6H_3 \cdot CH_3(NO_2)_2$, produkt przejściowy powstający przy fabrykacji trotylu. Używany jako jeden ze składników przy produkcji niektórych prochów bezpłomiennych.

Dybek Wiesław, ur. 1930 r., inż. technolog mat. wybuch., doktorat na temat wpływu katalizatorów na proces spalania prochów rakietowych (1976). Prowadził prace badawcze i wdrożeniowe w zakresie artyleryjskich i rakietowych materiałów miotających i napędowych. Autor 12 prac naukowych, 1 patentu.

dynagel, mat. wybuch. produkowany przez szwedzką firmę Dynamit Nobel AG o odmianach 1, 2, 3, P1, P2 oraz 1K. Odmiana dynagel 1 detonuje z prędkością 4700 m/s przy gęstości 1,45 g/cm³; ciepło wybuchu wynosi 1261 kcal/kg, zaś objętość gazów wybuchowych 740 l/kg.

dynalite, handlowa nazwa jednego z francuskich półżelatynowych mat. wybuch.

dynamex A, szwedzki plastyczny mat. wybuch. przeznaczony do prowadzenia robót strzałowych pod wodą, o prędkości detonacji 7400 m/s przy gęstości 1,49 g/cm³.

dynamex B, szwedzki plastyczny mat. wybuch. o prędkości detonacji 5000 m/s przy gęstości 1,4 g/cm³.

Dyja Henryk, ur. 1946 r., absolwent Politechniki Częstochowskiej, doktorat na temat walcowania blach wstępnie połączonych wybuchem. Specjalista w dziedzinie przetwórstwa tworzyw metalicznych łączonych wstępnie wybuchowo. Autor 23 publikacji, 5 patentów.

dynamit, kruszący mat. wybuch., otrzymany po raz pierwszy w 1866 r. przez A. Nobla i produkowany następnie przez niego na skalę przemysłową. Pierwszy d., tzw. okrzemkowy, składał się z 75% nitrogliceryny i 25% ziemi okrzemkowej, która w tym przypadku pełniła rolę absorbenta nitrogliceryny. Odkrycie d. było zupełnie przypadkowe — ziemia okrzemkowa służyła do uszczelniania metalowych naczyń, w których przechowywano alkoholowy roztwór nitrogliceryny. Okrzemkowy

d. Nobla miał konsystencję plastyczną, gdyż zawierał dużą ilość ciekłej nitrogliceryny i słabsze własności wybuchowe. Współcześnie produkowane d. z nitrogliceryny lub innego ciekłego mat. wybuch. osadzonego na różnych materiałach stałych, takich jak: mączka drzewna, węgiel drzewny, torf, nitroceluloza. Stosuje się głównie przy pracach skalnych, ziemnych i podwodnych. Ich wielka siła wybuchu powoduje rozkruszanie i rozdrabnianie materiałów, co jest szczególnie przydatne w technice cywilnej.

dynamit 1, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 5000—6000 m/s.

dynamit 1G, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 2980 m/s.

dynamit 1G1, typowy górniczy mat. wybuch. o parametrach: prędkość detonacji 5980 m/s przy gęstości 1,47 g/cm^3, ciśnienie na froncie detonacji 87 500 kG/cm^2, temperatura detonacji 4310°C, ciepło detonacji 1 kg — 1400°C, objętość gazów wybuchowych 614 dm^3.

dynamit 3GH, typowy górniczy mat. wybuch. o parametrach: prędkość detonacji 5100 m/s przy gęstości 1,29 g/cm^3, ciśnienie na froncie detonacji 76 600 kG/cm^2, temperatura wybuchu 4740°C, ciepło wybuchu 1 kg 1489°C, objętość gazów wybuchowych 632 dm^3; zawiera 70,4% nitrogliceryny.

dynamit 5A, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 1980 m/s.

dynamit 5G1, typowy górniczy mat. wybuch. o parametrach: prędkość detonacji 5320 m/s przy gęstości 1,43 g/cm^3, ciśnienie na froncie detonacji 92 700 kG/cm^2, temperatura wybuchu 3300°C, objętość gazów wybuchowych 780 dm^3.

dynamit melioracyjny, dynamit skalny, zawierający 70% nitrogliceryny i 30% mączki drzewnej. Był wytwarzany w USA w dużych ilościach do melioracji terenów nawodnionych i trudno dostępnych.

dynamit okrzemkowy, dynamit wyprodukowany w 1863 r. przez A. Nobla. Zawierał 75% nitrogliceryny i 25% ziemi okrzemkowej. Miał konsystencję ciasta; stosowano go w postaci cylindrycznych ładunków owiniętych w papier nasycony parafiną. Odegrał tylko przejściową rolę i przed końcem ubiegłego wieku został wyparty przez inne materiały. Był pierwszym dynamitem wprowadzonym do użytku w przemyśle górniczym.

dynamit polarny, angielski przemysłowy mat. wybuch. o składzie: 92% nitrogliceryny i 8% nitrocelulozy, o prędkości detonacji 7900 m/s przy gęstości 1,55 g/cm^3, cieple wybuchu 6500 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 715 l/kg.

dynamity proszkowe, dynamity zawierające 29—30% nitrogliceryny.

dynamity skalne, nitroglicerynowe mat. wybuch. skalne, zawierające oprócz nitrogliceryny saletrę amonową, sodową lub potasową, często nitrozwiązki aromatyczne, a także mączkę drzewną. Oznaczone są numerami 1, 3, 5, 6. Stosowane w Polsce zawierają od 20 do ponad 60% nitrogliceryny. Gęstość ich waha się od 1,3 do 1,5 g/cm^3. Maksymalne prędkości detonacji zawierają się w granicach 4000—6000 m/s. D.s. odznaczają się dobrym przenoszeniem detonacji na odległość, nawet ponad 20 cm. Wytwarzane są w nabojach o ciężarze 125 g, rzadziej 200 g. Średnica naboi wynosi 32 lub 36 mm. Najsilniejszym d.s. jest żelatyna wybuchowa. Są szczególnie niezastąpione przy pracach w skałach twardych.

dynamity żelatynowe, dynamity zawierające 62—63% nitrogliceryny.

dynamon, mat. wybuch. będący prostą mieszaniną 88% azotanu amonu i 12% czerwonego węgla drzewnego.

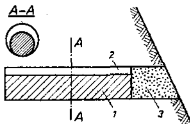
działanie kumulacyjne, patrz kumulacja i kumulacyjne działanie wybuchu.

dźwiękometria, określanie współrzędnych źródła dźwięku (huku) na podstawie pomiaru różnicy czasów odbioru fali dźwiękowej przez kilka przyrządów (odbiorników) usytuowanych w różnych miejscach. Pomiar ten stosuje się w celu wyznaczenia np. punktów wybuchu pocisków.

E

edna, $C_2H_6N_2(NO_2)_2$, mat. wybuch. o prędkości detonacji 6070 m/s przy gęstości 1,048 g/cm³ lub 7610 m/s przy gęstości 1,50 g/cm³.

efekt kanałowy, zjawisko występujące w przypadku istnienia różnicy między średnicą otworu strzałowego i ładunku mat. wybuch. Wówczas pomiędzy ścianką ładunku a powierzchnią otworu znajduje się wolna przestrzeń, w której po pobudzeniu ładunku powstaje fala uderzeniowa poruszająca się z większą prędkością niż detonacja.



Przekrój przez otwór strzałowy: 1 — ładunek mat. wybuch.; 2 — wolna przestrzeń, 3 — przybitka strzałowa

W pewnej odległości od miejsca pobudzenia fala uderzeniowa działając na ładunek może spowodować nadmierny wzrost jego gęstości i tym samym uniewrażliwić go. Występuje wówczas przerwanie detonacji ładunku (niewybuch części ładunku).

efekt kumulacyjny, patrz kumulacja oraz kumulacyjne działanie wybuchu.

efekt Munroe, termin, za pomocą którego przez długi czas określano zjawisko kumulacji.

efektywność wybuchu, zdolność mat. wybuch. do wykonania określonej pracy w danych warunkach. Ponieważ istnieje wiele mat. wybuch. o różnych charakterystykach, dlatego trudno ustalić jedyne kryterium oceny ilości pracy, możliwej do wykonania przez mat. wybuch. W czasie wybuchu mamy do czynienia z oddziaływaniem czynników wybuchu (fala uderzeniowa, ciśnienie produktów wybuchu i inne) na przedmioty bezpośrednio przylegające do ładunku lub znajdujące się w pewnej od niego odległości. Powoduje to różny charakter oddziaływania wybuchu na przedmiot. W związku z tym wyróżnia się kruszące i burzące działanie mat. wybuch.

EGDN, skrót nazwy nitroglikol.

Egg, angielski rusznikarz, który w 1815 r. zaprasował pastylkę z mieszaniny chloranowej, łatwo wybuchającej od uderzenia, w miseczce metalowej. W ten sposób powstała spłonka zapalająca do broni palnej.

egzotermiczność, właściwość reakcji, która decyduje o możliwości powstania i rozprzestrzeniania się zjawiska wybuchu. Substancje, które do swej przemiany wymagają dopływu energii z zewnątrz nie mogą wybuchać.

ekranizowanie ziarna prochowego, pokrycie niektórych powierzchni ziarna prochowego warstwą niepalną (inhibitorem), w wyniku czego zmienia się charakter spalania. Np. jeśli powierzchnię zewnętrzną rurki prochu

ekranizować, tzn. uczynić niepalną, wówczas charakter spalania staje się progresywny, gdyż ilość powstających gazów w jednostce czasu zwiększa się (wzrost średnicy wewnętrznej rurki i powierzchni spalania).

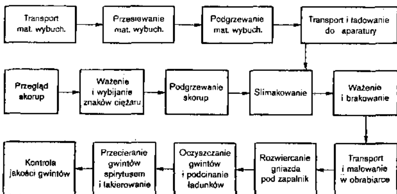
ekrazyt, francuska nazwa kwasu pikrynowego.

eksplozja, przejściowa forma przemiany wybuchowej o nie ustalonej prędkości, przechodząca następnie, w zależności od warunków, w detonację albo deflagrację.

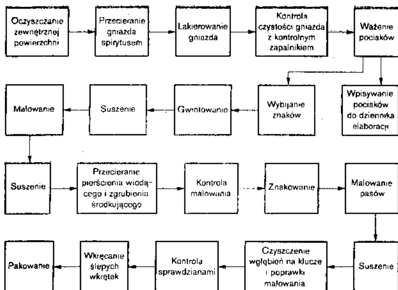
ekwiwalent trotylowy, patrz równoważnik trotylowy wybuchu jądrowego.

El-506 D, mat. wybuch. o prędkości detonacji 7100 m/s przy gęstości 1,40 g/cm³, cieple wybuchu 3640 kJ/kg.

elaboracja, zespół czynności przy produkcji amunicji, środków rażenia i niszczenia, mających na celu doprowadzenie tych środków do stanu zapewniającego ich użycie zgodnie z przeznaczeniem. Główną czynnością procesu e. jest napełnianie elementów metalowych mat. wybuch. i łączenie ich w całość. Procesy e. są zróżnicowane w zależności od elaborowanego elementu. Najbardziej złożona pod względem technologicznym jest e. amunicji artyleryjskiej, która obejmuje niezależne od siebie procesy przygotowania do scalenia 4 elementów: granatu (lub pocisku), zapalnika, łuski z ładunkiem miotającym i zapłonnika. E. granatów (pocisków) rozpoczyna się od usunięcia smaru ochronnego i odtłuszczenia powierzchni skorupy. Gdy po zważeniu masa skorupy jest zgodna z wymaganiami, lakieruje się jej wnętrze, a następnie napełnia odpowiednimi mat. wybuch. Najczęściej skorupę napełnia się przez: a) zalewanie ciekłym mat. wybuch.; b) zalewanie ciekłym mat. wybuch. z równoczesnym dodawaniem kawałków stałego mat. wybuch. (tzw. metoda biszkoptowa); c) zaprasowywanie mat. wybuch. bezpośrednio w komorze skorupy na prasach oraz aparatach ślimakowych (tzw. szulkowanie); d) osadzanie w komorze skorupy odpowiednich kostek sprasowanych z mat. wybuch. i przytwierdzenie ich za pomocą parafiny, cerezyny lub wosku. Po napełnieniu komór skorupy pocisku w ładunku mat. wybuch. wierci się otwór detonatora (pobudzacza) i lakieruje jego powierzchnię. E. spłonek detonacyjnych, zawierających różne inicjujące i kruszące mat. wybuch., przebiega następująco: do aluminiowej miseczki dozuje się i wprasowuje warstwę mieszaniny uwrażliwionej, następnie warstwę azydku ołowiu pod ciśnieniem 300—1000 kG/cm², po czym wstawia się do osłony, w której wstępnie wprasowano ładunek wtórny. Często stosuje się dwukrotne prasowanie (warstwa denna pod ciś-



Napełnianie pocisków metodą ślimakowania — schemat głównych operacji technologicznych



Elaboracja pocisków artyleryjskich — schemat operacji

nieniem 1000 kG/cm², warstwa górna — 800 kG/cm²). Scalenie amunicji, czyli tzw. e. ostateczna, polega na połączeniu wszystkich elementów w jedną całość. Przebieg głównych operacji technologicznych napełniania pocisków metodą ślimakowania oraz operacji wykończeniowych elaboracji pocisków artyleryjskich przedstawiono na schematach.

elaboracja pocisków, ciąg operacji technologicznych wykonywanych podczas napełniania skorup pocisków artyleryjskich mat. wybuch. i zespalania ich w jedną całość z zapłonnikiem, zapalnikiem oraz łuską z ładunkiem miotającego mat. wybuch. (prochem). Skorupy pocisków zalewa się ciekłym mat. wybuch. lub też wprowadza się go za pomocą pras albo aparatów ślimakowych itp. (patrz elaboracja).

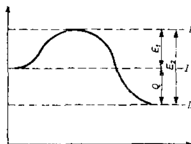
elektron, lekki stop magnezu z innymi metalami, o barwie srebrzystej, odkryty w 1909 r. Znalazł zastosowanie w technice środków zapalających, głównie przy wyrobie korpusów bomb termitowych. Spala się powierzchniowo oślepiająco jaskrawym płomieniem, wydzielając małe ilości białego dymu.

elektronit, handlowa nazwa niemieckiego mat. wybuch. o składzie: 71—75% NH_4NO_3, 12—20% $Ba(NO_3)_2$ i 7—10% mączki drzewnej.

elektrozapał, patrz zapał elektryczny.

elektryczna sieć strzałowa, patrz obwody strzałowe.

energia aktywacji, niezbędna ilość energii, którą muszą zawierać zderzające się ze sobą reagenty, aby nastąpiła reakcja. E.a. w normalnych reakcjach gazowych posiada tylko pewna część reagentów. Tę ilość reagentów można określić dla każdej temperatury wg prawa *Maxwella-Bolzmanna* lub przez przekształcenie równania izochory albo izobary stałej reakcji chemicznej k od temperatury wg równania *Arrheniusa*. Za pomocą tych metod ilość aktywnych cząsteczek reagentów, tzn. cząsteczek posiadających energię równą lub większą od e.a. wynosi $e^{-E/RT}$,



Bariera energii aktywacji

gdzie E — energia aktywacji, R — stała gazowa, T — temperatura reakcji w K. E.a. można traktować jako pewnego rodzaju barierę, która musi być pokonana w celu wywołania reakcji. Oznaczając dla reakcji egzotermicznej bezpośrednio e.a. przez E_1, przejście z poziomu energetycznego na poziom II, odpowiadający produktom reakcji, można przedstawić wg schematu. Przebieg reakcji z pierwszego poziomu energetycznego I, z lewej strony na prawą, może nastąpić po uprzednim pokonaniu bariery E_1, po czym reakcja samoczynnie doprowadzi rozpatrywany układ do nowego, obniżonego poziomu II, czemu będzie towarzyszyć wydzielenie pewnej ilości ciepła Q. Odwrotny bieg reakcji jest możliwy tylko po uprzednim pokonaniu większej bariery E_0, po czym reakcja doprowadzi układ do poziomu I, co związane jest z pobraniem energii cieplnej Q.

energia potencjalna ładunku, ilość ciepła, jaką można uzyskać w wyniku spalenia danego ładunku prochowego, równa iloczynowi masy ładunku i ciepła spalania prochu, z którego wykonany jest ładunek.

energit, patrz Wetter-Energit.

Englert Wacław, inż. chemik, absolwent Politechniki Warszawskiej (przed 1929), początkowo podjął pracę w Naukowej Organizacji Gorzelnictwa w Poznaniu, następnie od 1931 r. w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* na stanowisku kierownika działu analitycznego w Centralnym Laboratorium. Kolejno był pracownikiem Biblioteki Naukowo-Technicznej *PWP w Pionkach.*

epicentrum wybuchu, współrzędne rzutu środka wybuchu jądrowego w powietrzu, pod ziemią lub wodą, na powierzchni ziemi lub wody.

erozyjność prochu, zdolność ładunku prochowego do wypalania lufy podczas strzału. Zależy od temperatury płomienia prochu, a ta zaś od ciepła wybuchu. Proch nitroglicerynowy jest bardziej erozyjny niż proch nitrocelulozowy. E.p. ogranicza się przez stosowanie takich dodatków jak: wazelina, wosk i niektóre sole nieorganiczne. W okresie II wojny świat. Niemcy w celu zmniejszenia e.p. zastępowali nitroglicerynę dwunitroglikolem i dodawali nitroguanidynę.

estane, nazwa termoplastycznych elastomerów na bazie liniowych poliuretanów.

estryfikacja, patrz nitrowanie.

estry kwasu azotowego, $C—ONO_2$, azotany organiczne, substancje organiczne, w których grupa nitrowa NO_2 związana jest z azotanem węgla przez atom tlenu. Niektóre znalazły szerokie zastosowanie jako mat. wybuch. Dzięki korzystniejszemu bilansowi tlenowemu niż w nitrozwiązkach, przy tej samej liczbie atomów węgla i grup nitrowych, mocą przewyższają nitrozwiązki aromatyczne. Są jednak wrażliwsze na uderzenie i tarcie; jak wszystkie estry ulegają hydrolitycznemu rozkładowi, który w niekorzystnych warunkach może przejść w rozkład wybuchowy.

E-verfahren, patrz heksogen.

explosif-liant plastique, francuska nazwa plastycznego mat. wybuch. (patrz plastyk).

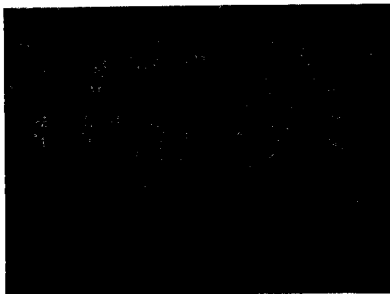
explosive D, patrz kwas pikrynowy.

F

F,FF,FFF,FFFF, patrz proch czarny.

F8, amerykańska mieszanina aluminium i saletry barowej.

Fabryka Bawełny Strzelniczej w PWP w Pionkach, jedna z fabryk wchodzących w skład *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* (patrz *PWP w Pionkach*). Budowę fabryki prowadził inż. Wiktor Czerwiński (od lutego 1925 r.). Fabrykę uruchomiono w latach 1927/28. Produkowano tu nitrocelulozę karabinową, armatnią i dynamitową. W latach 1928/29 francuską bawełnę strzelniczą stosowaną do produkcji prochu zastąpiono własnym produktem. Nitrowanie odbywało się na wirówkach typu *Selwig*. Proces ten charakteryzował się dużym zużyciem wody i stratą poważnych ilości kwasów ponitracyjnych. Znitrowaną celulozę po odwirowaniu kwasów przenoszono do kadzi stabilizacyjnych. Kolejno nitrocelulozę przewożono z oddziału nitracji na oddział stabilizacji,



Pracownicy Fabryki Bawełny Strzelniczej w PWP w Pionkach (przed 1930 r.)

gdzie po wystabilizowaniu poddawano ją rozdrabnianiu w tzw. „holendrach". Rozdrobniona nitroceluloza poddawana była „dekantowaniu" w mieszadłach poziomych i wymyciu. Następnie odwadniano ją do zawartości ok. 35% wody i w tym stanie przekazywano do fabryk prochu. Mieszanki nitracyjne sporządzano z kwasu azotowego stężonego i oleum siarkowego, o składzie w zależności od gatunku nitrocelulozy. Nadmiar kwasów ponitracyjnych przekazywano na oddział denitracji kwasów. Ponieważ dostawa kwasu azotowego w owym czasie była uzależniona od dostawców obcych, dlatego też na wypadek wojny zbudowano oddział produkcji kwasu azotowego z saletry, która w określonej ilości „mobilizacyjnej" była zmagazynowana w PWP. Oddział ten do 1939 r. nie był uruchamiany. Od 1930 r. kierownikami zmianowymi w fabryce byli technicy Zygmunt Winter, Adolf Dzikowski i Teodor Pakowski. Dyrektorem fabryki był inż. Wiktor Czerwiński, zaś jego zastępcą od początku budowy fabryki inż. Henryk Zenftman. W tym okresie w zorganizowanej Stacji Badawczej Bawełny Kolodionowej rozpoczęto prace badawcze nad otrzymywaniem nitrocelulozy lakierowej, pod kierunkiem inż. Jana Szmida. Nitroceluloza ta miała służyć do wyrobu lakierów, celuloidu i dynamitu, eliminując eksport. W 1934 r. Stację przekształcono w oddział produkcyjny, prowadzony do 1937 r. przez inż. J. Szmida. Kierownikiem produkcji był tech. Maciejasz, zaś mistrzami zmianowymi Stanisław Bartkiewicz i Witwicki. Po powrocie inż. W. Czerwińskiego z USA, gdzie wizytował fabryki firm *Du Ponta C-mi* oraz *Hercules Powder*, przebudowano fabrykę bawełny strzelniczej zwiększając jej produkcję trzykrotnie. Ponadto, w celu zabezpieczenia źródła podstawowego surowca na wypadek odcięcia dostaw lintersów (krótkiego włókna celulozy), przystąpiono do organizacji Stacji Badawczej Celulozy Drzewnej (sulfitowej). Prowadzili ją inż. A. Dzikowski z tech. Dylągiem. Zastosowano tu własny pomysł ulepszania celulozy metodą siarczynową. Laboratorium fabryczne prowadził tech. Wacław Majewski, laboratorium doświadczalne w latach 1934—39 inż. Kazimierz Brudzewski, warsztaty mechaniczne Józef Wrocławski, biuro fabryczne W. Karczewski. W latach 1935—39 funkcję kierownika zmianowego objął inż. Stanisław Książkiewicz. Po odejściu inż. W. Czerwińskiego w 1934 r. do budowy dużej fabryki celulozy w Niedomicach k. Żabna, kierownikiem fabryki został inż. Henryk Zenftman (1934—37), zaś zastępcą Z. Winter, następnie kierownikiem został Z. Winter (1937—39) oraz jego zastępcą inż. Stanisław Różański. W 1937 r. uruchomiono produkcję tzw. „pionkitu", bawełny strzelniczej pokrytej warstwą parafiny, którego wykonawstwo było szczególnie skomplikowane (stosowany do prasowanych prochów armatnich). Ponadto w latach 1936—39 prowadzono doświadczalną produkcję „dunitu" — nowego mat. wybuch. saperskiego w oparciu o nitrocelulozę. Dunit produkowano metodą kombinowaną. Flegmatyzowanie nitrocelulozy parafiną przeprowadzano na oddziale stabilizacji w fabryce bawełny strzelniczej. Po odwirowaniu półprodukt kierowano do fabryki prochu bezdymnego. Kiedy opanowano technologię produkcji, zwłaszcza bawełny kolodionowej, szybko produkt ten wprowadzono na rynek krajowy. Następnie podjęto działania w celu wejścia na rynek zachodnioeuropejski, co niebawem udało się. Bawełna kolodionowa była stałą pozycją eksportową.

Fabryka Celulozy w Niedomicach (k. Żabna nad Dunajcem w województwie tarnowskim). Kierownictwo budowy fabryki Ministerstwo Spraw Wojskowych powierzyło inż. Wiktorowi Czerwińskiemu, b. kierownikowi fabryki bawełny strzelniczej w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*. Wraz z nim do budowy fabryki w Niedomicach przeszła duża grupa wyszkolonych pracowników z *PWP w Pionkach*, m.in. inż. Wykowski, inż. Witold Szuman. Decyzja podjęcia prac projektowych oraz budowy tej fabryki wynikła

z potrzeby zastąpienia na wypadek wojny nitrocelulozy (pochodzenia zagranicznego) stosowanej do wyrobu prochów celulozą własnej produkcji. Fabrykę uruchomiono w 1937 r.

Fabryka Ferromitu w PWP w Pionkach, jedna z fabryk wchodzących w skład *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* (patrz *PWP w Pionkach*). Produkcję uruchomiono pod koniec 1939 r. Pierwszym kierownikiem był inż. Tadeusz Błeszyński, zaś od 1936 r. inż. Konstanty Büllow. Produkowano mieszaninę tlenków żelaza i glinu, stosowaną do spawania i zgrzewania.

Fabryka Lontu w Mąkolnie (k. Złotego Stoku), niewielka fabryczka, w której produkowano lonty prochowe oraz proch czarny. Prawdopodobnie pracowała na rzecz *Sp. Akc. Lignoza* (patrz *Lignoza Sp. Akc.*). Lonty prochowe dostarczano do Górnośląskiego Okręgu Węglowego.

Fabryka Lontu w Równem (k. Paczkowa na Dolnym Śląsku). Produkowano tu lont prochowy i proch czarny. Prawdopodobnie współpracowała ze *Sp. Akc. Lignoza*. Lont prochowy dostarczany był do Górnośląskiego Okręgu Węglowego.

Fabryka Mas Plastycznych w PWP w Pionkach, jedna z fabryk wchodzących w skład *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* (patrz *PWP w Pionkach*). Decyzję o jej budowie podjęto ok. 1930 r., zaś do realizacji przystąpiono w 1933 r. Kierownikiem został inż. Henryk Zenftman, zaś jego zastępcą nowo przyjęty do pracy adiunkt Politechniki Warszawskiej inż. Franciszek Ziółkowski. Rozruch fabryki nastąpił w 1934 r. Produkcję celuloidu oparto na produkowanej w *PWP w Pionkach* nitrocelulozie kolodionowej (lakierowej), importowanej kamforze oraz innych dodatkach (szczególnie barwnikach). W pierwszej kolejności rozpoczęto produkcję celuloidu bezbarwnego przeznaczonego do produkcji zabawek oraz wszelkiego rodzaju płyt i folii. Pod kierownictwem inż. Fr. Ziółkowskiego produkcję prowadzili na pierwszej zmianie (dziennej) technicy Łochowski i Maciejasz, zaś na drugiej kierownicy zmianowi z fabryki bawełny strzelniczej w *PWP w Pionkach*. Laboratorium fabryczne prowadził laborant Misiura, głównie badający składy recepturowe mas. W 1937 r. kierownikiem fabryki został mjr inż. Jan Konopacki, zaś jego zastępcą i szefem produkcji inż. Rogalski.

Fabryka Materiałów Wybuchowych „Oswag" w Łaziskach Górnych (k. Mikołowa), przy kopalni Brada (Oswag — Oberschlesische Spregstof Werke Aktien Geselschaft), wybudowana przed I wojną świat. Produkowała niewielkie ilości mat. wybuch. przeznaczone tylko dla kopalń wchodzących w skład koncernu księcia Pszczyńskiego. Wytwarzano tu górnicze mat. wybuch., lonty, kapiszony, spłonki, siarczan amonowy. W 1930 r. dyrektorem fabryki był dr filozofii Jan Paweł Namysłowski, kierownikiem laboratorium fabrycznego inż. Wiktor Nazarewicz. Ponadto pracowali tu m.in. inż. Ignacy Smykała oraz chemicy laboranci Rudolf Bartniczek i Andrzej Żelechowski. W 1945 r. fabryka weszła w skład *Lignozy*.

Fabryka Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym (pow. pszczyński), założona w latach 1871—72 po zniszczeniu jej poprzedniczki — fabryki położonej w pobliżu Bytomia — w 1869 r., założonej prawdopodobnie przy współudziale A. Nobla. Zakład ten wytwarzał nitroglicerynę i dynamit okrzemkowy, a następnie żelatynowy. Założony przez prywatnych przedsiębiorców był wykupiony przez Towarzystwo Giesches Erben w 1910 r., a następnie przeszedł w ręce niemieckiej spółki *Lignose A.G.* Po podziale Górnego Śląska w 1922 r. koncerny kopalń węgla wykupiły z rąk spółki niemieckiej zakłady leżące po polskiej stronie, tworząc przedsiębiorstwo *Lignoza Sp. Akc.* przeznaczone do obsługi przemysłu węglowego Górnego Śląska oraz Zagłębia Dąbrowskiego. Pierwszym zadaniem spółki była polonizacja personelu nadzorczego. W 1926 r. pozostało już zaledwie dwóch niemieckich specjalistów w branży mat. wybuch. zatrudnionych w *Lignozie* —

dyrektor fabryki w Krywałdzie inż. Witte oraz dyrektor fabryki w Bieruniu Starym — baron von Loringhon z Estonii, b. pracownik wytwórni mat. wybuch. wojskowych w Schlisselburgu (Petersburgu). Jednym z pierwszych inżynierów polskich był Tadeusz Bieszyński, zatrudniony na przełomie 1922/ /23 na stanowisku kierownika oddziału nitrogliceryny i dynamitu; pracował w fabryce do 1925 r. Kolejno w 1924 r. został zatrudniony inż. Janusz Barcikowski, w 1926 r. inż. Stanisław Kościukiewicz (początkowo na stanowisku kierownika laboratorium badawczego i kontrolnego), w 1927 r. inż. Stefan Jasiński (kierownik biblioteki fabrycznej) oraz w 1928 r. inż. Jerzy Kiełczewski i następnie inż. Tadeusz Kozłowski. Stanowisko naczelnego dyrektora fabryki objął przed 1928 r. inż. J. Barcikowski. W 1928 r. inż. S. Kościukiewicz był odpowiedzialny za oddziały produkujące nitroglicerynę i dynamity, zaś inż. J. Kiełczewski za *oddziały produkujące spłonki górnicze*, lonty prochowe, zapalniki elektryczne oraz główkizapałcze. W tym czasie inż. Kiełczewskiemu podlegali bezpośrednio nadmistrz Andrzej Buchacz (wybuchowiec z okresu przed I wojną świat.), mistrz Wilhelm Dudek (tech. chemik ze specjalnością mat. wybuch.), podmistrz tech. Gondarz. W miarę wprowadzania przez *Sp. Akc. Lignoza* nowych inwestycji powstawały dalsze oddziały: lontu prochowego, spłonek piorunianowych i trotylowych, zapalników elektrycznych. W dalszych latach, w miarę rozwoju produkcji zaangażowano inż. Bolesława Kwiatkowskiego, inż. Bronisława Zielińskiego, inż. Edwarda Jańczyka (1934), inż. Kazimierza Kutarbę (obecnie prof. Politechniki Śląskiej). Zatrudnienie wynosiło 450—900 pracowników. Fabryka była podzielona na dwa zespoły oddziałów (pierwszy obejmował produkcję mat. wybuch. kruszących, drugi spłonek, lontów i zapalników elektrycznych), laboratorium badawcze i kontrolne, dział mechaniczny i bibliotekę. Pierwszą inwestycją zrealizowaną po podziale Górnego Śląska była budowa nowoczesnej instalacji do produkcji nitrogliceryny w 1924 r. Była to instalacja rezerwowa, ponieważ zakład dostarczał do *Fabryki Materiałów Wybuchowych w Krywałdzie* półprodukt w postaci 4% mieszanki nitrogliceryny z mączką drzewną, uniezależniając się od znajdującego się poza granicą Polski zakładu w Krupskim Młynie. Półprodukt ten był niezbędny do wytwarzania mat. wybuch. saletrzano-amonowych, tzw. bezpiecznych wobec pyłu węglowego i metanu lub ich mieszanin. Następną inwestycją była budowa w 1925 r. oddziału produkującego lonty prochowe w oplocie zwykłym smołowanym oraz w osłonie gutaperkowej. Główny budynek stanowiła przędzalnia lontu, zaś w pomocniczych przeprowadzano impregnację, kalibrowanie, zwijanie itp. czynności. Badania jakości ścieżki prochowej odbywały się za pomocą aparatów rentgenowskich. W 1926 r. rozpoczęto budowę oddziału spłonek górniczych opartych początkowo *na piorunianie rtęci i trotylu*, przy zastosowaniu własnych tulejek miedzianych, następnie aluminiowych. W 1927 r. uruchomiono oddział zapalników elektrycznych, wytwarzanych początkowo w oparciu o podzespoły importowane z Schoenebek, następnie po 1930 r. wprowadzono własne, co było powodem nieporozumień pomiędzy niemiecką *Lignoze A.G.* oraz polską *Lignozą Sp. Akc.* W 1931 r. wybudowano niewielki oddział produkcji mączki drzewnej, na którym zastosowano własną metodę miażdżenia jej, w celu uniezależnienia się od importu. W latach 1931—36 wybudowano nowy oddział produkcji azydku ołowiu i trójnitrorezorcynianu ołowiu (wprowadzonych do użycia zamiast piorunianu rtęci) wraz z wieloma pomocniczymi budynkami służącymi przeprowadzaniu takich czynności jak: suszenie, mieszanie, prasowanie, pakowanie itp. W tym okresie zaczęto produkować lonty detonujące, wykorzystując do tego celu pentryt. W fabryce podjęto specjalizację w zakresie produkcji amunicji nie powodującej korozji luf (amunicja myśliwska bocznego ognia, tzw. szorty

i longi). Wykonywano tu miseczki z masą palną, lecz bez kulowania, *które przeprowadzano w fabryce w* Krupskim Młynie. W latach 1936—39 dyrektorem naczelnym był inż. St. Kościukiewicz, kierownikiem oddziału dynamitów, nitrozwiązków i nitrogliceryny inż. E. Jańczyk (produkowano tu tetryl do spłonek wojskowych i górniczych, dynamity, nitroglikol, nitroglicerynę i inne), kierownikiem oddziału spłonek, lontów, zapalników elektrycznych i główek zapalczych inż. J. Kielczewski, a następnie inż. B. Kwiatkowski. Kierownikiem działu mechanicznego był inż. K. Kutarba, a następnie Stanisław Michalik. Kierownikiem laboratorium fabrycznego był inż. T. Kozłowski. Opracowywał on ścisłe warunki odbioru środków i materiałów pomocniczych do produkcji mat. wybuch. oraz kontroli jakości wytwarzanych produktów. Uruchomił pierwszy *w kraju aparat prof. W. Cybulskiego* do badań zdolności inicjalnej spłonek. W tym okresie St. Kościukiewicz wraz z E. Jańczakiem opracowali *metodę dwustopniowego otrzymywania* nitrotoluenu dla celów górniczych. Od 1937 r. pracę w fabryce rozpoczął inż. Jan Gruszczyński oraz inż. Konstanty Podwysocki, którzy prowadzili badania na oddziale spłonek. Funkcję odbiorców wojskowych pełnili oficerowie Tadeusz Sebowicz oraz Juszczyński. Wyroby fabryki cieszyły się powszechnym uznaniem. Ściśle współpracowano z Kopalnią Doświadczalną „Barbara" w Mikołowie, podległą Wyższemu Urzędowi Górniczemu. Ze względu na charakter wytwarzanych wyrobów wielką wagę zwracano na bezpieczeństwo pracy przy ich wytwarzaniu. Jeden dzień w każdym miesiącu był przeznaczony na sprawdzenie znajomości przepisów ruchu i prawidłowości obsługi urządzeń produkcyjnych. Osiągnięto w tym zakresie wzorowe *wyniki. W końcu lat dwudziestych* zorganizowano bibliotekę branżową, gromadząc materiały głównie zagraniczne. Systematycznie organizowano *zebrania dyskusyjne analizując informacje* fachowe. W 1935 r. bibliotekę przeniesiono do Dyrekcji Generalnej w Katowicach. W okresie II wojny świat. fabryka była uruchomiona przez Niemców.

Fabryka Materiałów Wybuchowych w Krupskim Młynie (miejscowości położonej na południe od Lublińca nad rzeką Mała Panew), zakład ten założony w latach siedemdziesiątych XIX w. produkował wszystkie rodzaje mat. wybuch. górniczych (oprócz prochu czarnego) oraz wojskowe — trotyl i bawełnę strzelniczą. Bawełnę strzelniczą w dużych ilościach dostarczano armii carskiej w czasie wojny rosyjsko-japońskiej w latach 1903—4. Był to największy zakład w tej branży na terenie Górnego Śląska, zatrudniający kilka tysięcy pracowników. *Po podziale Górnego Śląska* w 1922 r., na skutek machinacji politycznych, część kopalń węgla kamiennego (obrzeże północne) przypadła *Rzeszy Niemieckiej. Z tego powodu* wytypowano do obsługi tych kopalń fabrykę w Krupskim Młynie. Pozostałe fabryki znajdujące się po stronie polskiej zostały wykupione z rąk niemieckiej spółki i podporządkowane polskiej *Sp. Akc. Lignoza.*

Fabryka Materiałów Wybuchowych w Krywałdzie (przy trasie Gliwice — Rybnik), założona w latach siedemdziesiątych XIX w. Wytwarzano tu początkowo proch czarny, następnie mat. wybuch. chloranowe i nadchloranowe, wreszcie saletrzano-amonowe zawierające nitroglicerynę dostarczaną z *Fabryki Materiałów Wybuchowych w Krupskim Młynie.* Po podziale Górnego Śląska w 1922 r. koncerny kopalń węgla wykupiły fabryki leżące po stronie polskiej, tworząc *Sp. Akc. Lignoza.* Jednym z pierwszych polskich inżynierów zatrudnionych w fabryce był inż., później dr inż., Jan Prot, który w latach 1923/24 pełnił funkcję zastępcy kierownika fabryki. *Kierownikiem fabryki był wówczas* niemiecki inż. Witte. Następnym polskim inżynierem był Stanisław Wierzbicki, który w 1925 r. objął stanowisko kierownika oddziału mat. wybuch. saletrzano-amonowych, zaś w 1935 r.

został dyrektorem fabryki. W 1930 r. został zatrudniony inż. Kazimierz Hertyk, następnie dr Jerzy Pochwalski, który pełnił funkcję kierownika laboratorium badawczego i kontrolnego. W dalszych latach w miarę rozwoju produkcji zatrudniono nowych polskich inżynierów, m.in. Mieczysława Grochowskiego (prowadził oddział mas plastycznych), Jeschke. W latach 1924—30 dokonano istotnej modernizacji w produkcji mat. wybuch. zarówno pod względem asortymentu, jak i jej wielkości. Specjalnością fabryki była produkcja prochu lontowego, zarówno dla celów wojskowych, jak i produkcji prochu myśliwskiego. Ponadto produkowano mat. wybuch. saletrzano-amonowe, tzw. bezpieczne wobec pyłu węglowego i metanu lub ich mieszanin. Półprodukt do ich produkcji (mieszanki nitrogliceryny z mączką drzewną) początkowo sprowadzano z fabryki w Krupskim Młynie, zaś po 1924 r. z fabryki w Bieruniu Starym, po wybudowaniu tam nowoczesnej instalacji do produkcji nitrogliceryny. Z inicjatywy dyrektora J. Barcikowskiego, od 1939 r. produkowano lont pentrytowy miękki. Z inicjatywy dr. J. Pochwalskiego przystąpiono do badań nad wytwarzaniem mas bakelitowych, idąc za przykładem fabryki mat. wybuch. w Treisdorf (Nadrenia), a następnie innych żywic syntetycznych i lakierów. Udane partie wyrobów rokowały pomyślny rozwój tego rodzaju produkcji.

Fabryka Materiałów Wybuchowych w Pustkowie (nad rzeką Wisłoką k. Dębicy). Budowę fabryki przeprowadziła *Sp. Akc. Lignoza* w latach 1938—39. Inicjatywa budowy wyszła od inż. Janusza Barcikowskiego oraz inż. Stanisława Kościukiewicza, pracowników nadzoru w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym.* Projekty szczegółowe w myśl zaleceń powołanego dyrektora budowy inż. Jerzego Kiełczewskiego prowadził inż. Kazimierz Kutarba (główny mechanik fabryki), oddelegowany do Dyrekcji Generalnej *Sp. Akc. Lignoza* w Katowicach. W nowo budowanej fabryce kierownikiem oddziału tworzyw sztucznych był inż. Matusiński, kierownikiem oddziału spłonek inż. Jan Gruszczyński, kierownikiem laboratorium fabrycznego inż. Konstanty Podwysocki, szefem bezpieczeństwa technicznego inż. Tadeusz Glazer. Kierownikiem działu administracyjnego był Jan Różański. Głównemu mechanikowi było podporządkowane biuro techniczno-konstrukcyjne oraz wydział mechaniczny, w którym pracowali m.in. inż. Mieczysław Grochowski oraz inż. Jeschke, zaś w laboratorium tech. Terpiłowski i inż. Dziaczkowski. W fabryce zainstalowano urządzenia i maszyny pochodzenia zagranicznego oraz polskiego. Obowiązywały najnowocześniejsze wówczas przepisy w zakresie bezpieczeństwa pracy. W 1938 r. zainstalowano maszyny do produkcji tworzyw sztucznych i urządzenia do wytwarzania półproduktów. Po uruchomieniu produkcja miesięczna na wydziale tworzyw sztucznych wynosiła ok. 20 t w pierwszym roku. Końcową inwestycją była budowa oddziału przeróbki alkoholu na formalinę w celu wykorzystywania jej do produkcji tworzyw sztucznych. Zatrudnienie wówczas wynosiło ok. 800 pracowników, w tym ok. 40 umysłowych, przy docelowym zatrudnieniu ok. 2000 osób. 2 września 1939 r. Niemcy zbombardowali fabrykę. Nakaz ewakuacji załoga otrzymała z 7 na 8 września 1939 r.

Fabryka Nitrogliceryny i Materiałów Kruszących w PWP w Pionkach, jedna z fabryk wchodzących w skład *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* (patrz *PWP w Pionkach*). Budowę wytwórni rozpoczęto ok. 1925 r. Dotyczyło to produkcji prochu czarnego oraz nitrogliceryny dla materiałów kruszących, m.in. mat. wybuch. górniczych. Pierwszym kierownikiem fabryki był kpt. inż. Marian Klonowski, zaś od 1926 r. inż. Stefan Raczyński. W fabryce zatrudniony był mistrz Durlik. Początkowo działały trzy oddziały: nitrogliceryny, górniczych mat. wybuch., wyrobu ciasta prochowego oraz fabryczne laboratorium analityczne. Po uruchomieniu produkcji

dyrekcja podjęła szeroką działalność w celu zdobywania zamówień od kopalń na swoje wyroby. Konkurencją była *Sp. Akc. Lignoza* działająca na Śląsku i mająca silne powiązania z poszczególnymi kopalniami. W 1931 r. została utworzona w Centralnym Laboratorium *PWP w Pionkach* Stacja Badawcza Nitrozwiązków Aromatycznych kierowana przez inż. Bronisława Krzyżyńskiego. Do 1934 r. podlegała ona Centralnemu Laboratorium, zaś w okresie późniejszym przekształcono ją w dział produkcyjny w fabryce nitrogliceryny i materiałów kruszących. Kierownictwo tego działu produkcyjnego od 1935 r. powierzono inż. Karolowi Folandowi. Wyrabiano tu dwunitroksylen, dwunitrotoluen (potrzebny do produkcji ciasta prochowego) oraz trójnitrotoluen (do produkcji mat. wybuch. górniczych). W tym okresie działem nitrogliceryny kierował technik Sadlik, działem mat. wybuch. górniczych tech. Horodziuk, działem ciasta prochowego do 1935 r. tech. Kutkowski (dla produkcji prochu nitroglicerynowego bezrozpuszczalnikowego). Kierownikiem laboratorium fabrycznego był tech. chemik Kądziołka; prowadzono tu badania procentowości i warunków fizycznych produkowanych przez fabrykę wyrobów oraz produktów wyjściowych. Na terenie fabryki działała drukarnia wytwórni. Kierownikiem (szefem) administracji fabrycznej był w drugiej połowie lat trzydziestych Krynicki. Od 1934 r. do wybuchu II wojny świat. kierownikiem fabryki był inż. Marian Kłonowski, zaś zastępcą jego w latach 1930—1939 inż. Edward Łuczak.

Fabryka Prochów Bezdymnych w PWP w Pionkach, jedna z fabryk wchodzących w skład *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* (patrz *PWP w Pionkach*), o potocznej nazwie „*Bezdymny*". W pierwszym okresie uruchamiania produkcji w *PWP w Pionkach* dyrektorem technicznym był instruktor francuski płk inż. Henryk Lacape, który wraz z francuskimi specjalistami dokształcał polski personel inżynieryjny. W tym czasie w fabryce prochów bezdymnych pracował kpt. inż. Jan Walczyński, późniejszy kierownik „*Bezdymnego*". Ponadto pracowali mistrzowie Tatomir i Puchalski. W 1927 r. rozpoczęli tu pracę inż. Wiesław Wykowski i inż. Antoni Kamiński, którzy pełnili funkcję kierowników zmianowych, oraz inż. Niekrasz odpowiedzialny za gospodarkę rozpuszczalnikową i rektyfikację. Kierownikiem laboratorium fabrycznego był Magiera. Rozruch „*Bezdymnego*" przeprowadzili specjaliści francuscy, bazując przy produkcji prochu na nitrocelulozie importowanej, przypuszczalnie z Francji. Nitroceluloza mokra była składowana w dołach betonowych w celu sezonowania. Do produkcji ciasta prochowego w gumowe worki naważano odpowiednie ilości nitrocelulozy wysokoazotowej i niskoazotowej. Proces dowadniania przeprowadzano na wirówkach z dolnym napędem hydraulicznym. Alkoholizację przeprowadzano stopniowo, najpierw alkoholem 80%, następnie 96%. Alkoholizowaną nitrocelulozę dozowano i podawano do ugniatarki typu *Werner-Pfleider*, gdzie mieszano z rozpuszczalnikami (alkohol-eter), żelatynizatorami i stabilizatorami. Jako żelatynizatorów i stabilizatorów początkowo używano dwufenyloaminę, wazelinę, następnie centralit. Ugniatanie stanowiło pod względem wybuchowym i pożarowym bardzo niebezpieczną operację. Prasy prochowe zaopatrzone były w odpowiednie matryce, w wyniku czego masę wytłaczano w postaci taśm lub rurek. Uformowaną masę wstępnie suszono w szafach-suszarkach w normalnej temperaturze, stosując przepływ ogrzanego powietrza. Pozwalało to odzyskiwać ok. 10% rozpuszczalnika używanego do wyrobu ciasta prochowego. Podsuszoną masę krojono według odpowiedniego asortymentu. W celu odzyskania z prochu rozpuszczalnika moczono go w basenach z wodą, którą następnie kierowano do instalacji destylacyjnej. Proch po wymoczeniu suszono i polerowano. Ta ostatnia operacja dotyczyła prochów drobnoziarnistych i była bardzo niebezpieczna. Poszczególne

partie prochów badano pod względem stałości i własności balistycznych na Stacji Badań Balistycznych. Proch produkowany dla wojska był odbierany *przez stałych odbiorców wojskowych*. W 1930 r. rozpoczęto budowę, zaś w 1931 r. ukończono, eterowni i rektyfikowni (rektyfikacja spirytusu), której kierownikiem był inż. Niekrasz. W 1931 r. pod kierownictwem inż. St. Raczyńskiego wybudowano na *„Bezdymnym"* dział produkcyjny prochu nitroglicerynowego. W 1932 r. rozpoczęto produkcję. Kierownikiem tego działu został inż. A. Kamiński, zaś działu prochu nitrocelulozowego inż. W. Wykowski. Kierownikiem *„Bezdymnego" po inż. Walczyńskim był inż. Kraus* (1927—31), kolejno inż. Tadeusz Śmiśniewicz (1931—36), inż. A. Kamiński (1936—39). Stanowisko zastępcy kierownika „Bezdymnego" pełnili inż. W. Wykowski (1927—34) oraz inż. Franciszek Ziółkowski (1939). Kierownikiem działu produkcyjnego prochów nitroglicerynowych po inż. A. Kamińskim był inż. Czesław Sudlitz (1936—37), następnie inż. Władysław Kozłowski (1937—39). Kierownikiem działu produkcyjnego prochów nitrocelulozowych *po inż. W. Wykowskim* został inż. A. Kamiński (1934—38), następnie inż. Stefan Mrożewski (1938—39). W ramach *„Bezdymnego"* działała Stacja Doświadczalna Prochów Bezdymnych, którą do 1933 r. podlegała zastępcy kierownika fabryki. W tym okresie pracował tu inż. Franciszek Ziółkowski (1932—33). Po 1933 r. stacja podlegała Centralnemu Laboratorium *PWP w Pionkach*. W tym czasie kierownikiem jej był inż. Czesław Sudlitz (1933—36, 1937—39) oraz inż. Eugeniusz Smoliński (1936—37). Byli tu zatrudnieni inż. Bronisław Krzyżyński (1933—37) oraz inż. Wł. Kozłowski (1936—37). W ramach prac prowadzonych przez pracowników stacji opracowywano nowe rodzaje prochów, prowadzono badania własności prochów. *W 1934 r.* na *„Bezdymnym"* została utworzona Stacja Doświadczalna Dunitu, podległa służbowo *Centralnemu Laboratorium PWP w Pionkach*. Prowadzono tu badania nad nowym mat. wybuch. Od 1936 r. w fabryce ruszyła produkcja doświadczalna dunitu pod kierownictwem *inż. Wacława Kumanowskiego*. Na początku lat trzydziestych powstało wiele nowych instalacji produkcyjnych, szczególnie nowoczesne prasy do wytłaczania prochów artyleryjskich. Zorganizowano lepiej Stację Doświadczalną. Miało to wpływ na wejście prochów bezdymnych (nitrocelulozowych i nitroglicerynowych), produkowanych w Pionkach, na wiele rynków zagranicznych, szczególnie państw bałkańskich. Zwłaszcza zamówienia z Grecji przyspieszyły opracowanie odpowiedniej technologii *produkcji nitroglicerynowych* prochów artyleryjskich. Duże zamówienie na dostawę prochów bezdymnych do krajów bałkańskich otrzymała wytwórnia w 1937 r. Opanowanie produkcji tych prochów i duże zamówienia zagraniczne spowodowały podjęcie decyzji przez *PWP w Pionkach* o budowie nowej *Wytwórni Prochów Bezdymnych w Krajowicach* k. Jasła.

Fabryka Prochu Czarnego w Pniowcu, k. Tarnowskich Gór, uruchomiona w 1893 r. Był to przez *pewien czas największy w* Europie zakład wytwarzający proch czarny. Szybko jednak znaczenie jego upadło z powodu rozwoju mat. wybuch. saletrzano-amonowych, bezpieczniejszych w użyciu (wobec pyłów węglowych, względnie metanu) i silniejszych w działaniu. Z tych względów zakład ten w okresie po 1922 r. był prawdopodobnie nieczynny. Fabryka po 1922 r. *weszła* w skład *Sp. Akc. Lignoza*. Po długim przestoju postanowiono wykorzystać istniejące budynki do produkcji papierów półszlachetnych — piśmiennych. Dyrektorem zakładu został inż. Jabłoński, zaś szefem produkcji inż. Lucjan Garbacz. Kierownikiem laboratorium był dr Rychter. Personel techniczny rekrutował się głównie ze śląskich zakładów technicznych — początkowo z Chorzowa, później z Katowic. Pierwsze urządzenia do produkcji papierów półszlachetnych, a następnie *piśmiennych zainstalowano*

w 1930 r. Produkty cieszyły się dużym powodzeniem i uznaniem użytkowników.

Fabryka Prochu Czarnego w PWP w Pionkach, jedna z fabryk wchodzących w skład *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*, nazywana potocznie ,,*Czarny*". Budowę wytwórni rozpoczęto w 1923 r. W 1925 r. przystąpiono do budowy pierwszych obiektów produkcyjnych. Były nimi obiekty przeznaczone do produkcji prochu czarnego oraz nitrogliceryny dla materiałów kruszących. Kierownikiem ,,*Czarnego*" został porucznik Tobola, mistrzem produkcyjnym ogniomistrz Chrzanowski, pirotechnik wojskowy, prawdopodobnie armii austriackiej. W 1930 r. Chrzanowski został zastępcą kierownika fabryki. Od 1933 r. pracował tu tech. Władysław Kurdwański. Laboratorium fabryczne w latach 1934—39 prowadził inż. Jabłoński. Por. Tobola prowadził jednocześnie Stację Badań Balistycznych. Zastępcą kierownika tej Stacji był Obutelewicz (1933—35), następnie został jej kierownikiem. Przeprowadzano tu badania balistyczne prochów. W *PWP w Pionkach* ,,recepta" wagowa prochu czarnego była następująca: saletra potasowa — 78%, węgiel drzewny — 12%, siarka w proszku — 10%. W wyniku obróbki mechanicznej w stanie suchym i wilgotnym mieszaninie składników nadawano odpowiednią spoistość i twardość, a w dalszych stadiach produkcji przybierała ona postać gładko polerowanych ziaren prochu.

Fabryka Wyrobów Metalowych Wacław Czajkowski i Spółka, firma produkująca w okresie międzywojennym elementy amunicji (części składowe do zapalników ZDX/a, pokrywki preszpanowe do 100 mm łusek działowych wz 14/19, tutki aluminiowe do rakiet, bezpieczniki do zapłonnika wz 97, taśmy do *ckm Hotchkissa*, granaty ręczne).

fajka, żargonowe określenie leja powybuchowego w górniczych pracach strzałowych, w przypadku wyrzucenia przybitki przez niewłaściwe zadziałanie ładunku wybuchowego.

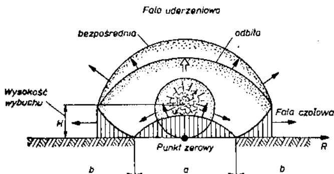
fala balistyczna, zewnętrzna fala uderzeniowa, powstająca w wyniku nakładania się zaburzeń wywołanych przez ciało poruszające się w powietrzu z prędkością większą od prędkości dźwięku. F.b. stanowi wypadkową powierzchni nadciśnienia o kształcie stożkowym, obejmującą wszystkie fale zaburzeń.

fala detonacyjna, fala uderzeniowa powstająca w ładunku mat. wybuch. podczas zachodzącej w nim reakcji przemiany wybuchowej. Obejmuje powstającą i przechodzącą przez ładunek mat. wybuch. falę uderzeniową o odpowiedniej intensywności, wywołaną przez nią i postępującą za jej czołem strefę przemiany wybuchowej oraz produkty przemiany przemieszczające się zgodnie z kierunkiem jej ruchu. Przejście czoła f.d. powoduje w mat. wybuch. gwałtowny wzrost ciśnienia do bardzo dużych wartości, gęstości i temperatury, w wyniku czego inicjuje reakcję wybuchową. Do parametrów f.d. zalicza się jej prędkość, prędkość masową produktów wybuchu, ciśnienie, gęstość i temperaturę; parametry mają wartość stałą w wyniku stałego uzupełniania strat energetycznych ciepłem ze strefy reakcji. Miarą efektywności niszczącego działania f.d. jest jej prędkość, osiągająca wartość do 9000 m/s oraz prędkość przemieszczania się produktów reakcji wynosząca ok. 0,25 prędkości f.d.

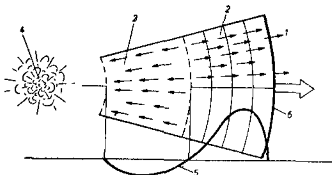
fala Macha, fala uderzeniowa, wytwarzana przez źródło małych zaburzeń poruszające się w ośrodku płynnym z prędkością większą od prędkości dźwięku; wszystkie powstające w ten sposób zaburzenia rozprzestrzeniają się w ośrodku wewnątrz stożka stycznego do fal małych zaburzeń o kącie wierzchołkowym $2\mu = 2 \arcsin 1/Ma$, gdzie Ma — liczba *Macha*. Stożek ten nazywa się stożkiem *Macha*, jego tworzące — liniami *Macha*, kąt μ — kątem *Macha*. Stożek i linie *Macha* nazywa się również f.M.; może ona być falą rozrzedzeniową, jeżeli ciśnienie za nią jest mniejsze niż przed nią, lub falą zgęszczeniową — w sytuacji odwrotnej. Jeżeli prędkość źródła ma-

łych zaburzeń jest stała, zaś ośrodek jednorodny, to linie *Macha* są prostymi, w przeciwnym przypadku są to *linie krzywe*.

fala podmuchu, zaburzenie rozchodzące się w atmosferze i powodujące krótkotrwałą zmianę jej parametrów takich jak: ciśnienie, gęstość, temperatura itp. Przechodzeniu jej towarzyszy zawsze określony ruch powietrza (wiatr) szybko przemijający. Dlatego nazywana jest niekiedy podmuchem. F.p. powstaje przy wszelkiego rodzaju wybuchach, przy czym na bliskich odległościach od punktu wybuchu ma charakter fali uderzeniowej. F.p. jest jednym z podstawowych czynników rażących wybuchu jądrowego. Podstawowym parametrem określającym jej działanie rażące na różnego rodzaju obiekty i sprzęt jest maksymalna wartość nadciśnienia. Wartość ta zależy przede wszystkim od ilości całkowitej energii zawartej w f.p., odległości od punktu wybuchu i ciśnienia atmosferycznego, przy czym maleje ona przy zwiększaniu odległości i zmniejszaniu ciśnienia atmosferycznego. Przy naziemnych (nawodnych) niskich powietrznych wybuchach podstawowych rodzajów ładun-



Rozchodzenie się fali podmuchu powstającej podczas wybuchu jądrowego: a) strefa bliższa (R < H); b) strefa dalsza (R > H)

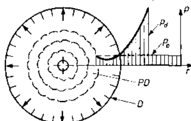


Struktura fali podmuchu powstającej podczas wybuchu jądrowego: 1 — ruch cząstek powietrza, 2 — strefa nadciśnienia, 3 — strefa podciśnienia, 4 — wybuch jądrowy, 5 — zmiany ciśnienia powietrza, 6 — czoło fali uderzeniowej poruszającej się z prędkością 30 m/s

ków jądrowych f.p. zawiera ok. 50% całkowitej energii wydzielającej się w trakcie wybuchu. Względna ilość tej *energii maleje ze wzrostem wysokości* lub głębokości wybuchu. Ponieważ dodatkowo z wysokością maleje ciśnienie atmosferyczne, więc f.p. jako czynnik rażący ma największe znaczenie dla wybuchów naziemnych (nawodnych i niskich powietrznych). Na ludzi i inne istoty żywe f.p. może działać rażąco w sposób bezpośredni, w wyniku występowania podwyższonego ciśnienia i wynikającej stąd różnicy w ciśnieniu wewnętrznym i zewnętrznym, lub pośredni, np. przez zniszczenie lub uszkodzenie obiektów, w których znajdują się ludzie. Skutki bezpośredniego działania rażącego na istoty żywe zależą nie tylko od maksymalnej wartości nadciśnienia, lecz również od czasu trwania podwyższonego ciśnienia, przy czym ze wzrostem tego czasu rażące działanie f.p. wzrasta.

fala rozrzedzeniowa, w naddźwiękowym przepływie powierzchnia (lub w płaskim przepływie linia), po przejściu której maleje gęstość, ciśnienie i temperatura gazu, zaś rośnie prędkość strumienia. Istnieją tylko f.r. małych zaburzeń (rozrzedzeniowa fala *Macha*), tzn. takie, na których gęstość gazu *(i pozostałe parametry strumienia)* doznaje nieskończenie małej zmiany. Uderzeniowe f.r., tzn. takie, na których następowałby duży skokowy spadek gęstości, nie istnieją i istnieć nie mogą. Pęk f.r. wychodzących ze wspólnego punktu tworzy obszar, w którym następuje ciągły izotropowy spadek ciśnienia oraz wzrost prędkości strumienia i nazywa się zogniskowaną f.r.

fala uderzeniowa, silna fala ciśnieniowa przemieszczająca się względem ośrodka z prędkością większą od prędkości dźwięku; powstaje w przydźwiękowym i naddźwiękowym opływie ciała stałego (np. samolotu, rakiety, pocisku), a także podczas wybuchów. Może również powstawać w przepływie naddźwiękowym w kanale aerodynamicznym, silniku turboodrzutowym lub rakietowym. Ciśnienie, temperatura i gęstość ośrodka po przejściu f.u. doznają nagłego, skokowego przyrostu. W opływach ciał stałych występują dwa rodzaje f.u.: prostopadła (prosta) i skośna, *natomiast odsunięta krzywoliniowa* może być traktowana jako skośna f.u. o zmiennym kącie. F.u. powstające w opływie samolotu są źródłem tzw. oporu falowego. F.u. powstająca podczas wybuchów zwykłych mat. wybuch. oraz wybuchu jądrowego częściej nazywana jest falą podmuchu. Kształt f.u. przedstawiono na rysunku w postaci graficznej zależności ciśnienia w danym ośrodku od miejsca wybuchu. Przed frontem f.u. znajduje się ośrodek w stanie niezaburzonym. Dalej, w bardzo krótkim odstępie czasu i niewielkiej odległości od punktu wybuchu, następuje bardzo szybkie ściskanie powodujące zagęszczanie ośrodka, nagrzewanie i wprawienie go w ruch. Ciśnienie, po osiągnięciu wartości maksymalnej, zaczyna maleć i osiąga wartość jak w stanie wyjściowym lub niższą. Wówczas fala ciśnienia zmienia się w falę rozrzedzenia (w ośrodku gazowym). F.u. w porównaniu z falą dźwiękową charakteryzuje się: 1) prędkość ruchu f.u. jest zawsze większa od prędkości dźwięku w ośrodku niezaburzonym; 2) na czole f.u. parametry stanu i ruchu środowiska ulegają zmianie skokowej; 3) f.u. towarzyszy ruch materii ośrodka w kierunku poruszania się czoła zaburzenia (wzbudzenia); 4) prędkość f.u. zależy od jej intensywności (ciśnienia),



Graficzny rozkład ciśnienia za frontem fali uderzeniowej:
p — ciśnienie, p_a — ciśnienie atmosferyczne, p_d — ciśnienie na froncie fali uderzeniowej, r — odległość od środka wybuchu, D — front fali detonacyjnej, PD — produkty detonacji

czego nie ma w przypadku fali dźwiękowej; 5) przy powstawaniu f.u. wzrasta entropia środowiska; 6) f.u. nie ma charakteru periodycznego, lecz rozchodzi się w postaci pojedynczego skoku zagęszczenia.

fale grawitacyjne, fale powstające na powierzchni wody po wybuchach podwodnych i nawodnych. Rozchodzą się epicentrycznie od punktu wybuchu. Liczba tych fal oraz ich parametry (długość, wysokość, prędkość rozchodzenia się itp.) zależą między innymi od: mocy wybuchu, głębokości zbiornika wodnego i głębokości wybuchu. Wysokość f.g. rośnie wraz ze wzrostem mocy wybuchu oraz maleje ze wzrostem odległości od punktu zerowego wybuchu. F.g. nazywa się często falami powierzchniowymi.

fale powierzchniowe, fale powstające i rozprzestrzeniające się na powierzchni dwóch ośrodków, np. cieczy i atmosfery. Tak nazywane są również niekiedy fale grawitacyjne powstające na powierzchni wody po podwodnym lub nawodnym wybuchu jądrowym.

favorit, handlowa nazwa niemieckiego mat. wybuch., będącego mieszaniną chloranową.

FEFO, *mat. wybuch. o prędkości* detonacji 7500 m/s przy gęstości 1,59 g/cm³, ciśnieniu na froncie fali detonacyjnej 250 kbar.

filit, proch włoski — balistyt, którego skład w 1890 r. był następujący: 50% bawełny kolodionowej i 50% nitrogliceryny; w późniejszym okresie — 66% bawełny kolodionowej, 33% nitrogliceryny i 1% stabilizatorów.

fizyczna fala wybuchu, tak nazwał Berthelot powietrzną falę uderzeniową, powstającą w wyniku wybuchu ładunku mat. wybuch.

flegmatyzator: 1) substancja dodawana do niektórych mat. wybuch. w celu zmniejszenia ich wrażliwości na bodźce zewnętrzne, np. parafina, cerezyna, różne oleje, wazelina, woda; 2) substancja dodawana do masy prochowej lub ładunku prochowego w celu zmniejszenia prędkości ich spalania. Do masy prochowej dodaje się kamforę, centralit, dwunitrotoluen i niektóre smoły. F. zewnętrznymi ładunków są arkusze odpowiedniej bibuły nasyconej cerezyną lub parafiną.

Flürscheim, XIX—XX w., niemiecki chemik, który zaproponował zastosowanie czteronitroaniliny w charakterze detonatora pośredniego oraz jako materiał do wypełniania granatów. Jednakże związek ten nie wykazał żadnej przewagi nad tetrylem; posiada znacznie mniejszą stałość, wyższą temperaturę topnienia (216°C), a jego produkcja jest droższa.

FN, symbol belgijskiej wytwórni broni *Fabrique Nationale d'Armes de Guerre* (Herstal Liege).

Foland Karol, ur. 1907 r., specjalista z zakresu technologii mat. wybuch., szczególnie nitrozwiązków aromatycznych. W latach 1929—34 pracował

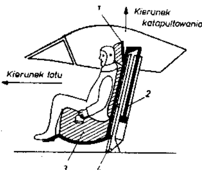


Foland Karol

w *Zakładach Chemicznych „Grodzisk" Sp. Akc.* W 1934 r. podjął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach,* gdzie od 1934 r. do momentu wybuchu II wojny świat. był kierownikiem działu nitrozwiązków aromatycznych w *Fabryce Nitrogliceryny i Materiałów Kruszących.* W tym okresie usprawnił proces uzyskiwania dwunitrotoluenu przy minimalizacji trójnitrotoluenu jako produktu ubocznego.

fotel lotniczy wyrzucany wybuchowo, miejsce dla członka załogi

samolotu (np. pilota, nawigatora) lub pasażerów. Do fotela przymocowane są pasy, które siedzący zapina na czas lotu lub startu i lądowania, aby zwiększyć własne bezpieczeństwo w razie wypadku. Są fotele lotnicze zwykłe (mocowane na stałe) oraz wyrzucane (katapultowane). Fotel lotniczy wyrzucany zaopatrzony jest w urządzenie wyrzucające go z samolotu. Siłę potrzebną do tego uzyskuje się zwykle z ładunków prochowych, odpalanych po naciśnięciu specjalnej dźwigni. Niektóre takie fotele wyposażone są w specjalne osłony chroniące twarz lotnika przed dynamicznym działaniem powietrza podczas katapultowania. Fotele lotnicze wyrzucane stosuje się tylko w szybkich samolotach.



Fotel wyrzucany wybuchowo:
1 — osłona głowy, 2 — mechanizm wyrzucający, 3 — fotel, 4 — prowadnica

Fp02, patrz TNT.

Fp 60/40, mieszanina 60% trotylu i 40% saletry amonowej.

fragmentacja wybuchowa, rozpad skorupy pocisku (osłony głowicy bojowej, bomby, granatu) na wiele elementów rażących (odłamków, kulek itp.) pod wpływem wybuchu zawartego w nim materiału kruszącego; może być przypadkowa lub wymuszona. Jeżeli na skutek wybuchu mat. wybuch. skorupa rozpada się na wiele odłamków o różnym kształcie i wymiarach, to taka f. nosi nazwę przypadkowej. W ten sposób pękają np. skorupy granatów artyleryjskich, bomb lotniczych i innych rodzajów amunicji. F. wymuszoną uzyskuje się przez wykonanie w osłonach (skorupach) odpowiednich nacięć lub wykorzystanie zjawiska kumulacji, bądź też stosowanie gotowych elementów rażących. Nacięcia (karby) wykonuje się na powierzchni wewnętrznej lub zewnętrznej obudowy, przy czym prawidłowy przebieg f. osłony nacinanej zależy od wielu czynników, takich jak: rodzaj i właściwości mechaniczne materiału osłony oraz geometria jej nacięć, a także ich wymiary, rodzaj i właściwości materiału kruszącego, współczynnik napełnienia, sposób detonacji mat. wybuch. F. wymuszoną można także uzyskać przez zastosowanie pomiędzy ładunkiem kruszącym i osłoną odpowiedniej wkładki z wgłębieniami kumulacyjnymi. W czasie detonacji mat. wybuch. powstaje wiele strumieni kumulacyjnych, które „tną" osłonę na odłamki o żądanych wymiarach. Gotowe elementy w osłonie (np. w kształcie kulek lub walców) stosuje się przeważnie w tych rodzajach głowic (granatów itp.), które doznają stosunkowo małych przyspieszeń podczas strzałów (ze względów wytrzymałościowych osłony).

frakcja sitowa, zbiór ziarn materiału stałego, także wybuchowego, niewiele różniących się wymiarami, uzyskany podczas klasyfikacji sitowej. Zakres wymiarów ziarn f.s. określany jest wymiarami otworów sąsiednich sit stosowanych w danym zestawie, tzn. sita górnego, przez które ziarna przeszły, i sita dolnego, przez które ziarna nie przeszły.

Frołow M.M., XIX w., generał rosyjski, który wraz z M.M. Boreskowem stworzył podstawy obliczania siły wybuchu w gruntach.

Fruczek Marek, ur. 1947 r., doktorat na temat badań doświadczalnych pracy wybuchowo-kumulacyjnego układu do wytwarzania koncentrycznych superwysokich obciążeń materii (1976). Specjalista w zakresie badań wybuchowo-kumulacyjnych układów.

Współautor 17 publikacji naukowych, laureat Nagrody Państwowej I stopnia (1978).

fugas, rodzaj prowizorycznej miny wykonanej na miejscu walki przez oddziały wojsk inżynieryjnych z mat. wybuch., pocisk artyleryjski lub bomba lotnicza. Ładunek zakopany w ziemi, niekiedy przysypany kamieniami w celu zwiększenia efektu rażenia, wybucha pod wpływem nacisku lub przez odpalenie z odległości. Wyróżnia się f. chemiczne i napalmowe.

füllpulver 02, patrz trotyl.

G

Gałkowski Andrzej, ur. 1951 r., doktorat z zakresu analizy teoretycznej profilowanej wybuchowej kompresji plazmy w układzie cylindrycznym o skończonej długości (1981). Specjalista w dziedzinie wybuchowej mikrosyntezy termojądrowej. Współpracownik i uczeń prof. S. Kaliskiego. Autor kilkunastu prac teoretycznych.

gamsit, handlowa nazwa jednego ze szwajcarskich żelatynowych mat. wybuch.

Gay-Lussac Louis Joseph, 1778—1850, francuski fizyk i chemik. W 1807 r. wykrył różnicę między ciepłem gazów przy stałym ciśnieniu a ciepłem gazów w stałej objętości. Opracowane przez niego prawo uzależniające objętość gazów od ich temperatury było szeroko stosowane przy obliczaniu siły wybuchu. W pierwszej połowie XIX w. pełnił funkcję konsultanta w fabryce prochu i saletry w pobliżu Paryża.

gaz błotny, patrz metan.

gaz piorunujący, patrz mieszanina piorunująca.

gazy odstrzałowe, patrz gazy wybuchowe.

gazy prochowe: 1) produkty spalania ładunku miotającego (prochu) w lufie podczas strzału, mające wysokie ciśnienie, dużą gęstość i wysoką temperaturę. Najwyższą temperaturę, zwaną temperaturą spalania lub rozkładu wybuchowego prochu, g.p. mają w chwili powstawania; wynosi ona 2500—3500 K; w momencie wylotu pocisku temperatura g.p. jest rzędu 2000 K. Ciśnienie g.p. w początkowym okresie wzrasta szybko do wartości maksymalnej, następnie opada. Ze względu na różnorodny skład prochów oraz duże zmiany ciśnienia i temperatury udział składników w mieszaninie, jaką są g.p., może być różny i zmieniać się podczas strzału; analiza gazów powstałych ze spalania prochu nitrocelulozowego w bombie kalorymetrycznej wykazuje, że podstawowa masa g.p. składa się z tlenku węgla (CO), wodoru (H_2), azotu (N_2), pary wodnej (H_2O) oraz niewielkiej ilości tlenu (O_2), dwutlenku węgla (CO_2), metanu (CH_4) i amoniaku (NH_3). Energia g.p. wykorzystywana jest do nadawania ruchu pociskom, zaś w broni automatycznej także do napędu zespołu ruchomego; istnieją również uboczne (szkodliwe) skutki działania g.p. (odrzut broni, nagrzewanie lufy, korozja części itp.); 2) produkty spalania ładunków napędowych w silnikach rakietowych na paliwo stałe.

gazy wybuchowe, gazowe produkty powstałe w wyniku reakcji przemiany wybuchowej; zajmują objętość ponad siedemset — dziewięćset razy większą od objętości materiału wyjściowego (wybuchowego). Nagrzewają się do temperatury 2—4 tys. K, co jeszcze bardziej zwiększa ich ciśnienie. Stanowią podstawową siłę uderzeniową wybuchu, zdolną zniszczyć przeszkody o dużej wytrzymałości. Wytwarzają w różnych ośrodkach fale uderzeniowe, poruszające się z prędkościami większymi od prędkości dźwięku w tych ośrodkach. Np. powietrzna fala uderzeniowa jest wynikiem działania silnie ściśniętych i nagrzanych g.w., które szybko roz-

szerzając się, rozpychają otaczające powietrze. Powoduje to ściskanie *powietrza do* bardzo dużych *ciśnień* wraz z jednoczesnym przemieszczaniem ściśniętego obszaru we wszystkie strony od centrum wybuchu. Wartość ciśnienia w gazowych produktach wybuchu w miarę ich rozszerzania się maleje. W pewnym momencie od g.w. odrywa się fala uderzeniowa i dalej porusza się samodzielnie, aż do wytłumienia swojej energii.

gelamine, handlowa nazwa amerykańskiego żelatynowego mat. wybuch.

gelatine donarit, handlowa nazwa austriackiego żelatynowego mat. wybuch.

gélatinée No.1, handlowa nazwa francuskiego żelatynowego mat. wybuch.

gelex, *handlowa nazwa amerykańskiego* mat. wybuch.

gelignite D, handlowa nazwa francuskiego żelatynowego mat. wybuch.

gelobel, handlowa nazwa amerykańskiego *mat. wybuch.*

gelodyna, handlowa nazwa amerykańskiego półżelatynowego mat. wybuch.

geofranex, handlowa nazwa francuskiego żelatynowego mat. wybuch.

geocord, handlowa nazwa lontu detonującego, produkowanego przez niemiecką firmę *Wasagchemie Sythen GmbH.*

geophex, handlowa nazwa angielskiego mat. wybuch. stosowanego w badaniach sejsmicznych.

***Gevelota* spłonka,** patrz spłonka systemu Gevelot.

gęstość grawimetryczna prochu, stosunek masy ziarn prochowych o danych kształtach i wymiarach, jaką *można maksymalnie wypełnić naczynie* o danej geometrii, do objętości naczynia. Wartość tej wielkości jest praktycznie górną granicą gęstości ładowania.

gęstość ładowania, w balistyce *wielkość określająca stosunek masy* prochu wyrażonej w kilogramach do objętości ładunkowej w dcm^3.

gheksogen, rosyjska nazwa heksogenu.

giant gelatin, handlowa nazwa amerykańskiego półżelatynowego mat. wybuch.

Girard, francuski badacz, zapoczątkował we Francji wytwarzanie lontów detonujących. Użył do tego celu drobno sproszkowanej nitrohydrocelulozy, którą wypełniał rurki ołowiane o średnicy 12 mm, a następnie rozciągał je do średnicy 2—4 mm. Ponieważ fabrykacja nitrohydrocelulozy jest uciążliwa, zastąpiono ją kwasem pikrynowym; wówczas rurki ołowiane należało zastąpić cynowymi. Taki lont o średnicy 4 mm i długości 1 m ważył 110 g i detonował z prędkością 6900 m/s.

Glazer Tadeusz Józef, ur. 1910 r., w 1938 r. podjął pracę w nowo budowanej *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Pustkowie* na stanowisku szefa bezpieczeństwa technicznego. Później pracował w Zjednoczeniu Przemysłu Materiałów Wybuchowych, następnie w fabryce w Bieruniu Starym na stanowisku kierownika Laboratorium Badawczego *i* Stacji Doświadczalnej.

gliceryna dynamitowa, gliceryna otrzymywana przez destylację próżniową gliceryny technicznej, używana do produkcji nitrogliceryny. Produkt o wysokiej czystości i dużym stężeniu (zawiera 98,5% do 99,0% gliceryny), o ciężarze właściwym 1,262 g/cm^3 przy 15°C.

glikol etylenowy, surowiec wyjściowy w przemyśle mat. wybuch. Mieszanina o składzie: 80% gliceryny dynamitowej i 20% glikolu etylenowego używana do nitrowania *w* celu wytwarzania nitrogliceryny, wykazującej dostateczną odporność na zamarzanie w naszym klimacie.

główka zapalcza, część składowa *zapalnika elektrycznego.*

Goliszewski Wacław, ur.? — 1970, chemik, w latach 1930—39 pełnił funkcję kierownika wydziału spłonek w *Wytwórni Amunicji nr 3* w Rembertowie, *jednocześnie prowadząc oddział* produkcji lontu.

goma pura, hiszpańska nazwa handlowa żelatyny wybuchowej.

gomma A, francuski przemysłowy mat. wybuch. o składzie: 92% nitro-

gliceryny i 8% nitrocelulozy, o prędkości detonacji 7800 m/s przy gęstości 1,59 g/cm³, ciepłe wybuchu 6500 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 752 l/kg.

gomme A, francuska nazwa handlowa żelatyny wybuchowej.

Govard Edward, angielski uczony, który ponownie odkrył piorunian rtęci (był on badany już w XVII w., po czym o nim zapomniano). W 1799 r. przedstawił przed Londyńskim Towarzystwem Królewskim szczegółowy raport na ten temat. Po wielu badaniach własności wybuchowych piorunianu rtęci zastosowano go w spłonkach do pobudzania wybuchu innych mat. wybuch.

Górecki Januariusz, ur. 1937 r., doktorat na temat wybuchowości pyłów z tworzyw sztucznych. Specjalista w dziedzinie termoenergetyki. Autor ok. 60 publikacji, 4 patentów.

granatfüllung, niemiecka nazwa kwasu pikrynowego.

granatfüllung 02, niemiecka nazwa trotylu.

granatfüllung 88, niemiecka nazwa kwasu pikrynowego.

granica wybuchowości paliwa, minimalne i maksymalne stężenie paliwa w mieszaninie z powietrzem, przy których mieszanka zapala się (wybucha). Rozróżnia się dolną i górną g.w.p. Dolna granica określa minimalne, zaś górna maksymalne stężenie paliwa w powietrzu, przy którym możliwy jest zapłon (wybuch) mieszanki. Pomiędzy tymi granicami zapłonu znajduje się zakres palności (wybuchowości) mieszanek paliwowo-powietrznych. Podobne granice występują, gdy zamiast powietrza do mieszaniny z paliwem użyje się innych substancji utleniających. Na g.w.p. mają wpływ: temperatura, ciśnienie, obecność gazów obojętnych, rozdrobnionej fazy stałej itp.

graniczna średnica ładunku, wartość średnicy ładunku mat. wybuch., przy której prędkość detonacji osiąga wartość największą. Oznacza to, że dalsze zwiększanie średnicy nie powoduje wzrostu prędkości detonacji. Natomiast zmniejszenie średnicy do wartości mniejszej od granicznej powoduje zmniejszanie wartości prędkości detonacji. G.ś.ł. jest stała dla danego mat. wybuch., będąc zależną od gęstości ładunku, rodzaju jego obudowy oraz stopnia rozdrobnienia mat. wybuch. Wartość g.ś.ł. dynamitowych i lanego trotylu jest rzędu $30 \cdot 10^{-3}$ m, dla trotylu prasowanego o gęstości $1{,}6 \cdot 10^{3}$ kg/m³ wynosi 3—$4 \cdot 10^{-3}$ m, zaś dla azydku ołowiu około $100 \cdot 10^{-6}$ m.

granulit AC-4, radziecki mat. wybuch. stosowany w procesach obróbki metali wybuchem, o prędkości detonacji 2,6—3,2 km/s, gęstości usypowej 0,80—0,85 g/cm³, ciepłe wybuchu 4780 kJ/kg, średnicy krytycznej 100—120 mm.

granulit AC-8, radziecki mat. wybuch. stosowany w procesach obróbki metali wybuchem, o prędkości detonacji 3,0—3,6 km/s przy gęstości usypowej 0,87—0,92 g/cm³, ciepłe wybuchu 5300 kJ/kg, średnicy krytycznej 80—100 mm.

granulit C-2, radziecki mat. wybuch. stosowany w procesach obróbki metali wybuchem, o prędkości detonacji 2,4—3,2 km/s przy gęstości usypowej 0,80—0,85 g/cm³, ciepłe wybuchu 3380 kJ/kg, średnicy krytycznej 120—150 mm.

granulotol, radziecki mat. wybuch. stosowany do obróbki metali wybuchem, o prędkości detonacji 4,5—5,0 km/s przy gęstości usypowej 0,95—1,0 g/cm³, średnicy krytycznej 60—80 mm, ciepłe wybuchu 3360—4180 kJ/kg, temperaturze wybuchu 3400°C.

grecki ogień, (łac. **ignis volans**), mieszanina zapalająca, miotana za pomocą specjalnego urządzenia, wynaleziona i użyta bojowo w 673 r. n.e. Początkowo skład jej otaczała ścisła tajemnica. W pierwszej połowie XII w. w traktacie *Liber ignium ad comburendos hostes* Markusa Greka jest opisana mieszanina zapalająca, która zawierała saletrę, siarkę, węgiel drzewny i smołę. Jednak substancje zmieszane według podanych proporcji nie mogły wybuchnąć. Około 1260 r. Roger Bacon w dziele *De Secretis* (O tajemnicach)

podaje zaszyfrowany przepis: „... siedem części saletry, pięć węgla z młodej leszczyny i pięć siarki... proch usypany w pergaminową tulejkę wielkości palca czynił taki huk, że cierpiały na tym uszy ludzkie, zwłaszcza wtedy, gdy niespodziewanie przychodził. Przerażał straszny błysk. Gdyby użyć większej tulejki, *nikt nie mógłby ze strachu* wytrzymać błysku i huku. Gdyby tulejka była sporządzona z trwalszego materiału, siła eksplozji byłaby jeszcze większa...". Nie ma pewności, czy Bacon rzeczywiście odkrył wybuchowe właściwości opisywanej przez siebie mieszaniny. Nie ma też zgodności poglądów co do miejsca i czasu pojawienia się prochu strzelniczego. Sprawę komplikuje przekonanie, że proch mógł być wynaleziony gdzieś we wschodnich regionach Morza Śródziemnego, a praktycznie został zastosowany w Bizancjum, skąd znowu wieści o nim przedostały się do świata arabskiego. Faktem jest, że Maurowie znali i często używali mieszanin zapalających, co poświadcza kronikarz biskup Pedro w historii króla Alfonsa VI. Maurowie posiadali ponadto w górach Andaluzji najbogatsze w ówczesnej Europie kopalnie saletry i siarki. Grecy nazywali g.o. różnie: ogień ciekły, miękki, *rzymski, ale nie grecki*. Najbardziej rozpowszechniona była nazwa ogień morski, gdyż najczęściej stosowano go w bitwach morskich.

grisoutine B, mat. wybuch. zaliczany do dynamitów powietrznych, zawierający 12% nitrogliceryny, 0,5% nitrocelulozy kolodionowej oraz 87,5% saletry amonowej.

grisoutine G, mat. wybuch. zaliczany do dynamitów powietrznych, zawierający 29,4% nitrogliceryny, 0,6% nitrocelulozy kolodionowej oraz 70% saletry amonowej.

Gruszczyński Jan, inż. specjalista *w zakresie mat. wybuch.* Co najmniej od 1923 r. pracował w *Zakładach Amunicyjnych „Pocisk" Sp. Akc.* w Rembertowie na stanowiskach kierowniczych. Kolejno, ok. 1930 r. (wg informacji zawartej w wykazie chemików polskich z 1931 r.) zatrudniony był w Państwowym Monopolu Tytoniowym w Warszawie. Co najmniej od 1937 r. pracował w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym*, zaś od 1938 r. w nowo budowanej przez *Sp. Akc. Lignoza Fabryce Materiałów Wybuchowych w Pustkowie* na stanowisku kierownika działu spłonek.

grzyb atomowy, patrz wybuch atomowy.

GRF 88, patrz kwas pikrynowy.

guanite, patrz nitroguanidyna.

guhr-dynamite, dynamit okrzemkowy.

gurit A, szwedzki sproszkowany mat. wybuch. o prędkości detonacji 4000 m/s przy gęstości 1,3 g/cm^3.

gwiazdka oświetlająca, ładunek pocisku oświetlającego wykonany z masy świetlnej (np. proszek aluminium, azotan baru, magnez), połączony ze spadochronem, na którym powoli opada po wyrzuceniu z pocisku, oświetlając teren.

H

H-6, amerykańska mieszanina heksogenu, trotylu, aluminium i wosku w stosunku 45/30/20/5.

Hackel Juliusz, 1902—1976, prof. chemii na Politechnice Warszawskiej od 1954 r. oraz prorektor tej uczelni w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych. Prowadził szereg prac badawczych z zakresu technologii mat. wybuch. W latach trzydziestych badał



Hackel Juliusz będąc prorektorem Politechniki Warszawskiej

nitrację skrobi w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach.* Następnie pracował w Laboratorium Instytutu Technicznego Uzbrojenia w Rembertowie k. Warszawy. Prowadził obszerne badania za pomocą analizy termicznej, w wyniku których określił składy eutektyków dla obu odmian nitrogliceryny — labilnej i stabilnej z nitrozwiązkami aromatycznymi oraz z takimi substancjami, znajdującymi zastosowanie w produkcji prochów bezdymnych, jak: centrality, uretany itp. Zajmował się związkami organicznymi, zwłaszcza nitrowymi pochodnymi estrów i amin. Był autorem kilkudziesięciu publikacji naukowych. W latach 1954—60 był członkiem Międzynarodowej Komisji ds. Bezpieczeństwa Transportu Mat. Wybuch.

Hausman, chemik, który w 1788 r. odkrył kwas pikrynowy.

Haussermann, XIX w., niemiecki chemik, który w 1891 r. zwrócił uwagę na to, że trójnitrotoluen odkryty w 1863 r. przez Wilbranda posiada charakter doskonałego, kruszącego mat. wybuch., co skłoniło władze niemieckie do wszczęcia odpowiednich prób. Wykazały one, że trójnitrotoluen bardzo dobrze nadaje się do różnych celów w zakresie wojskowej techniki wybuchowej.

HBX, mat. wybuch. o składzie 40% heksogenu, 38% **TNT,** 17% aluminium, 5% wosku.

HE, stosowany w USA skrót terminu ,,high explosive'' (z ang. mat. wybuch.).

Heger Ludomir, ur. 1913 r., absolwent Politechniki Warszawskiej, specjalista w zakresie mat. wybuch. (1939). Po studiach podjął pracę w *Wytwórni Amunicji w Rembertowie.* W czasie II wojny świat. (od 1940 r. należał do Związku Walki Zbrojnej, od 1942 do Armii Krajowej) prowadził komórki produkujące konspiracyjnie mat. wybuch. oraz amunicję dla ruchu oporu (piorunian rtęci, tetryl, przetwórstwo plastyku na heksogen, granaty zapalające — dymne i inne). W czasie



Heger Ludomir

Powstania Warszawskiego był szefem ,,Inspekcji". Po wojnie był organizatorem Zakładu Materiałów Wybuchowych w Instytucie Technicznym Uzbrojenia, a następnie Instytucie Mechaniki Precyzyjnej oraz Instytutu Chemii Organicznej. Autor ponad 30 publikacji naukowych, autor lub współautor 11 patentów.

heksal, mat. wybuch. będący mieszaniną heksogenu i proszku aluminiowego w stosunku 80/20.

heksamina, handlowa nazwa sześcionitrodwufenyloaminy, związku wybuchowego o nieznacznym zastosowaniu. Żółtobrunatny proszek, trudno rozpuszczalny w wodzie, rozpuszczalnikach organicznych, a nawet w kwasach. Ogrzewany w temperaturze 195°C rozkłada się, zaś w 250°C zapala. Temperatura wybuchu wynosi 3450°C. Stosuje się go w mieszaninach z nitrozwiązkami aromatycznymi. W okresie I wojny świat. h. stosowano do napełniania dużych min morskich.

heksanit, mat. wybuch. będący mieszaniną trójnitrotoluenu i heksanitrodwufenyloaminy w stosunku 60/40.

heksogen, $(CH_2NNO_2)_3$, cyklotrójmetylenotrójnitroamina, PDX, cyklonit, jeden z najsilniejszych kruszących mat. wybuch. z grupy nitroamin. Biała, drobnokrystaliczna substancja o gęstości 1,82 g/cm³, topi się w temperaturze 204—205°C z rozkładem. Jest niehigroskopijny, słabo rozpuszcza się w etanolu, benzynie, lepiej w acetonie i stężonym kwasie azotowym; rozkłada się w stężonym kwasie siarkowym. Prędkość detonacji przy gęstości 1,6 g/cm³ wynosi 8000 m/s, zaś ciśnienie na froncie fali detonacyjnej powyżej 200 000 kG/cm². Wydęcie w bloku ołowianym dochodzi do 500 ml. Po raz pierwszy h. otrzymano w warunkach laboratoryjnych w 1897 r. Początkowo h. zainteresowali się farmaceuci ze względu na pokrewieństwo z urotropiną. Na szczęście h. nie trafił do aptek, gdyż badania wykazały, że jest on bardzo silną trucizną. W 1920 r. Hertz udowodnił, że h. jest silnym mat. wybuch., przewyższającym swą siłą trotyl i wszystkie inne znane wówczas mat. wybuch. kruszące. W czasie I wojny świat. nie wykorzystano go na szerszą skalę, ponieważ nie znano dokładnie jego właściwości. Natomiast podczas II wojny świat. był stosowany w szerokim zakresie, głównie jako składnik mieszaniny wybuchowej zwanej heksolitem, będącej równoprocentową mieszaniną heksogenu z trotylem. W tej postaci używano go do napełniania skorup pocisków artyleryjskich, bomb lotniczych i morskich, torped oraz min morskich. W stanie czystym, ze względu na zbyt dużą wrażliwość na bodźce mechaniczne, h. używany jest wyłącznie jako materiał wtórny do produkcji spłonek detonujących. Po dodaniu flegmatyzatora (parafiny, cerezyny lub wosku w ilości ok. 5%) stosowany jest do wyrobu detonatorów i napełniania pocisków małokalibrowych. H. jest używany w mieszaninach wybuchowych wraz z trotylem, azotem amonu, często z dodatkiem aluminium i innymi mat. wybuch.; mieszaniny te mają dużą siłę kruszącą i mniejszą wrażliwość niż czysty h., dawniej służyły do napełniania pocisków, min, torped morskich, bomb lotniczych, głowic rakietowych. H. jest również podstawowym składnikiem nowoczesnych plastycznych mat. wybuch. (patrz plastyk). Podstawowa produkcja h. polega na działaniu stężonym kwasem azoto-

wym na urotropinę, otrzymywaną z amoniaku i aldehydu mrówkowego.

heksolit, heksotol, mat. wybuch. o dużej sile kruszącej; różnoprocentowa mieszanina trotylu i heksogenu; stosowany w okresie II wojny świat. do napełniania torped, min i bomb lotniczych.

heksotol, inaczej heksolit.

heksyl, $NH[C_6H_2(NO_2)_3]_2$, 2,2', 4,4', 6, 6', sześcionitrodwufenyloamina, kruszący mat. wybuch., substancja krystaliczna o barwie żółtej, gęstości 1,65 g/cm³; topi się w temperaturze 244—245°C z rozkładem. Ma większą moc i wrażliwość na bodźce mechaniczne niż tetryl. Był szeroko stosowany przez Niemców w okresie I i II wojny świat. w stanie czystym lub w postaci topliwej mieszaniny z trotylem oraz ewentualnie z dodatkiem azotanu amonu do napełniania skorup torped, min morskich i bomb lotniczych. W czasie II wojny świat. do mieszanin wybuchowych utworzonych na bazie h. dodawano również aluminium w celu zwiększenia siły wybuchu.

Hertyk Kazimierz, absolwent Politechniki Warszawskiej. W 1930 r. *rozpoczął pracę w Fabryce Materiałów Wybuchowych w Krywałdzie (Sp. Akc. Lignoza)* na stanowisku kierownika *produkcji mat. wybuch.*, następnie dyrektor techniczny fabryki.

Hess, pułkownik armii austriackiej, *który konstruował lonty detonujące* z rtęci piorunującej flegmatyzowanej wg własnego pomysłu. Była to rtęć *piorunująca zawierająca około 20%* twardej parafiny. Lont ten nie miał twardej powłoki, składał się ze zwykłego sznura bawełnianego z wplecioną żyłą wilgotnej rtęci piorunującej. Po wysuszeniu sznur zanurzano w roztopionej parafinie. Średnica jego wynosiła 4,5 mm, średnica żyły 2 mm. Był znacznie lżejszy i giętszy od innych lontów detonujących. Można było nawijać go na szpule, co ułatwiało przewóz i eksploatację. Detonował z prędkością 5300 m/s.

Hessa prawo: całkowity efekt cieplny podczas przemian chemicznych ciał złożonych równa się różnicy ciepeł *tworzenia się wszystkich składników* stanu początkowego i końcowego. Prawo to pozwala obliczać ciepło wywiązane podczas reakcji wybuchowej.

HEX, skrót angielskiego terminu „High Energy Explosive".

HEX-24, -48, amerykańska mieszanina $KClO_4$, aluminium, heksogenu i asfaltu.

hexamin, patrz heksyl.

hexastit, szwedzki mat. wybuch. będący mieszaniną heksogenu i 5% wosku jako flegmatyzatora.

hexite, patrz heksyl.

hexotol, patrz heksolit.

higroskopijność, właściwość niektórych substancji polegająca na zdolności pochłaniania wilgoci (pary wodnej). Substancjami higroskopijnymi mogą być: substancje wiążące chemicznie wodę, substancje drobne rozpuszczające się w wodzie, ciała porowate o silnie rozwiniętej powierzchni wewnętrznej oraz pochłaniające wilgoć przez adsorpcję.

higroskopijność materiału wybuchowego, zdolność mat. wybuch. do pochłaniania wilgoci z otaczającego powietrza. Największą higroskopijnością charakteryzują się materiały zawierające saletrę amonową.

HMX, patrz oktogen.

HNB, *patrz sześcionitrobenzen.*

HNDP, patrz heksyl.

HNS, symbol mat. wybuch. o nazwie *chemicznej 2,2', 4,4', 6,6'-sześcionitrostilben.*

homocyclonit, patrz oktogen.

Horodecki Jerzy, *inż.*, konstruktor urządzeń do produkcji bezdymnego prochu karabinowego w belgijskiej sp. akc. *Zakłady Przemysłowe Boryszew* k. Sochaczewa w latach 1919—23. Produkowano tam prochy ćwiczebne według pomysłu H.J., St. Micewicza i E. Kniażykowskiego. Od 1926 r. pracownik Departamentu V Uzbrojenia Ministerstwa Spraw Wojskowych.

Howard, angielski chemik; w 1799 r. jako pierwszy otrzymał rtęć piorunującą.

HTA, amerykańska mieszanina heksogenu, trotylu i aluminium w stosunku 40/40/20.

HTA-3, amerykańska mieszanina oktogenu, trotylu i aluminium w stosunku 49/29/22.

huk wybuchu, efekt akustyczny będący wynikiem gwałtownego wzrostu ciśnienia w fali uderzeniowej powstałej podczas wybuchu. Może być wykorzystany do określania współrzędnych miejsca wybuchu metodą akustyczną.

huk wystrzału, efekt akustyczny będący wynikiem gwałtownego rozprężania się gazów prochowych, wypływających z przewodu lufy po wylocie pocisku.

hydrazyna, $H_2N{\cdot}NH_2$, bezbarwna, trująca, silnie higroskopijna ciecz o ostrym zapachu. Temperatura topnienia 2°C, temperatura wrzenia 113,5°C, gęstość 1025 kg/m³. Rozpuszczalna w wodzie, alkoholach, ciekłym amoniaku, nierozpuszczalna w węglowodorach. Roztwory h. pochłaniają dwutlenek węgla z powietrza. Jest nadzwyczaj aktywnym reduktorem. W obecności powietrza lub tlenu spala się, często z wybuchem. Czasami tworzy sole, podobnie jak aminy. H. otrzymuje się w wyniku utleniania amoniaku lub mocznika podchlorynem sodowym. Stosowana jest w syntezach organicznych, do produkcji tworzyw sztucznych, mat. wybuch., w przemyśle gumowym, jako składnik paliw rakietowych.

hydrodynamiczna teoria detonacji, powstała na przełomie XIX i XX w.; do opracowania jej przyczynili się głównie Michelson (1881), Chapman (1899), Jouget (1906) i Crushard (1917). Według tej teorii, detonacja rozprzestrzenia się w mat. wybuch. za pośrednictwem fali uderzeniowej. Jeśli amplituda na czole fali przewyższa pewną wartość, to staje się ona zdolna do wywołania intensywnej reakcji chemicznej za swoim frontem. Wytworzona w tej reakcji energia utrzymuje stałość parametrów fali detonacyjnej, stacjonarny charakter i stałą prędkość detonacji. Struktura fali detonacyjnej jest bardziej złożona niż fali uderzeniowej. Jej rozprzestrzenianie się uzależnione jest od ruchu fali uderzeniowej, ruchu strefy reakcji chemicznej i końcowych produktów wybuchu. W celu opisu stacjonarnego procesu detonacji wystarczy jednak porównać stan substancji wyjściowej i ostatecznych produktów reakcji, bez rozpatrywania samej strefy reakcji.

hydroksyloamina, $H_2N{\cdot}OH$, bezbarwna, higroskopijna substancja krystaliczna. Temperatura topnienia 33—34°C, gęstość 1216 kg/m³. Rozpuszczalna w wodzie i w alkoholach, nierozpuszczalna w węglowodorach. Ogrzana rozkłada się, powyżej 100°C z wybuchem. Właściwościami przypomina hydrazynę; jest silnym reduktorem, z kwasami tworzy sole, np. chlorowodorek $(NH_3OH)Cl$. Reaguje z wieloma związkami organicznymi, np. z aldehydami i ketonami tworzy oksymy. Na skalę przemysłową otrzymuje się ją przez redukcję azotanu sodowego wodosiarczynem sodowym i dwutlenkiem siarki; bardziej nowoczesny sposób polega na reakcji tlenku azotu (NO) z wodorem w obecności katalizatora platynowego. Stosowana jest w praktyce laboratoryjnej jako reduktor, w przemyśle organicznym do produkcji oksymów.

Hyronimus, XIX—XX w., badacz-chemik, który w 1907 r. zaproponował zastosowanie azotku ołowiu w charakterze detonatora. Azotek ten posiada właściwość pobudzania detonacji w większym stopniu niż piorunian rtęci, a także większą trwałość cieplną.

I

ICT, Institut für Chemie der Treibund Explosivstoffe w Karlshure (RFN).

impuls całkowity, działanie siły, jaką wywiera fala na przegrodę ustawioną prostopadle do kierunku jej ruchu. Składa się z nadciśnienia statycznego, poruszającego się gazu i wielkości jego ruchu (iloczyn masy i prędkości). Stosunkowo najbardziej dokładnym przyrządem do określania i.c. na powierzchni detonującego ładunku jest wahadło balistyczne. Na podstawie doświadczeń stwierdzono liniową zależność i.c. od prędkości detonacji.

impuls ciśnienia gazów prochowych, wielkość wyrażona całką ciśnienia gazów prochowych w czasie spalania prochu.

impuls inicjowania (inicjujący), patrz bodziec pobudzenia oraz inicjowanie wybuchu.

impuls pobudzenia, patrz bodziec pobudzenia oraz inicjowanie wybuchu.

inhibitor, substancja dodawana do układu w niewielkich ilościach, opóźniająca lub powstrzymująca jakiś proces. Można ją również określić jako ujemny katalizator. Do najczęściej stosowanych należą i. korozji, utleniania, starzenia (np. gumy), polimeryzacji (polimerów), ekranowania itp. Każdy z wymienionych i. ma odmienny mechanizm działania. I. są rodzajem dodatków często stosowanych do produktów naftowych, w których mają zapobiegać zachodzeniu niekorzystnych procesów przy pogorszeniu własności użytkowych. Stosowane są również w paliwach rakietowych w postaci niepalnej substancji chemicznej, którą pokrywa się niektóre powierzchnie ładunków napędowych w silnikach rakietowych na stały materiał pędny, w celu zabezpieczenia ich (ekranowania) przed spalaniem. Takie i. wykonuje się z octanu celulozy, etylocelulozy, polioctanu winylu itp. w postaci arkuszy i taśm naklejanych na powierzchnię ładunku lub płynnych mas nanoszonych pędzlem, metodą natryskową itp.

inicjacja wielopunktowa, patrz pobudzenie wielopunktowe.

inicjowanie wybuchu, proces przekształcania początkowego impulsu (przeważnie w postaci płomienia) w detonację materiału kruszącego lub rozpad materiału rozszczepialnego. W wielu przypadkach i.w. ma na celu zapalenie ładunku wyrzucającego, zawartego w pocisku (głowicy, bombie itp.). I.w. uzyskuje się przez zastosowanie odpowiedniego rodzaju zapalnika i urządzenia pobudzającego lub zapłonnego.

inicjujący materiał wybuchowy, patrz materiał wybuchowy inicjujący.

„Inspekcja", komórka *Szefostwa* Produkcji Uzbrojenia Komendy Głównej Armii Krajowej; zespół laboratoriów mieszczących się w Warszawie przy ul. Polnej 18 i ul. Piusa XI nr 34; założona w końcu 1942 r. Kierownikiem I. był mgr inż. Eugeniusz Smoliński (*pseudonim „Kazimierz"*), *były* pracownik *PWP w Pionkach*, zastępcą mgr inż. Ludomir Heger (pseudonim „Andrzej"). L. Heger zainicjował podjęcie produkcji tetrylu i w tym celu

wykonał projekt potrzebnych urządzeń, które potem dostarczono na ul. Polną. W laboratorium pracowali: Stanisław Grzybowski (pseudonim „Franek"), inż. Zofia Dobrowolska (pseudonim „Zofia"), mgr inż. Kazimiera Szyc-Lewańska (pseudonim „Biegaczowa"). Przerabiano tu plastyk (ogółem ok. 200 kg), pochodzący ze zrzutów angielskich, na czysty heksogen, potrzebny do elaboracji pocisków przeciwpancernych. Ponadto produkowano tetryl, przeprowadzano analizy surowców, wytwarzano ampułki z cyjankiem potasu do celów samoobrony w przypadku identyfikacji, aresztowania itp. Jednorazowa szarża wynosiła ok. 1,5 kg tetrylu, zaś tygodniowo zwykle wykonywano dwie szarże. Laboratorium, w wyniku aresztowania łączniczki Ryszardy Bogusławy, na trzy miesiące przed wybuchem Powstania Warszawskiego zostało opuszczone na polecenie kpt. Orlewicza (pseudonim „Podolski") — szefa produkcji spłonek i granatów w Szefostwie Produkcji Komendy Głównej AK. Dalszą działalność prowadzono w laboratorium przy ul. Piusa XI nr 34, wykonując różne próby materiałów amonowo-saletrzanych z niskoazotowej celulozy, otrzymywanej ze starych taśm filmowych. Pracowali tu poza inż. L. Hegerem dwaj studenci wydziału chemicznego Politechniki Warszawskiej o pseudonimach „Andrzej" i „Piotruś". W okresie powstania I. była ulokowana w gmachu PKO na rogu Marszałkowskiej i Świętokrzyskiej. Zorganizowano tam laboratorium do badania mat. wybuch., co wynikało z konieczności rozbrajania niewypałów pocisków niemieckich, elaboracji plastykiem granatów, tzw. „Filipinek". Tuż przed wybuchem Powstania Warszawskiego L. Heger oficjalnie przejął kierownictwo I. Mat. wybuch. czerpano głównie z niewypałów pocisków z działa kolejowego. Angielskim plastykiem zaelaborowano ok. 100 granatów. Produkcję szedytu prowadzono na parterze w przedsionku wewnętrznym budynku PKO.

Instytut Techniczny Uzbrojenia, ośrodek naukowo-badawczy powstał z Artyleryjskiej Komisji Doświadczalnej, której działalność, jak wynika z dostępnych akt, datuje się od 1922 r. W marcu 1926 r. zorganizowano Instytut Badań Artylerii. W jego skład weszły: była Artyleryjska Komisja Doświadczalna w Rembertowie pod nową nazwą Centrala Badań Poligonowych oraz była Pracownia Chemiczno-Metalograficzna Departamentu III Artylerii w Warszawie pod nazwą „Centrala Badań Laboratoryjnych", a także Redakcje *Przeglądu Artyleryjskiego* i *Pisma Technicznego*. Pierwszym dyrektorem został płk. inż. Jerzy Dunajewski. 7 IV 1927 r. Instytut Badań Artylerii przemianowano na Instytut Badań Materiałów Uzbrojenia będący ośrodkiem naukowo-badawczym Departamentu Uzbrojenia Ministerstwa Spraw Wojskowych. W lipcu 1932 r. Centrala Badań Poligonowych zmieniła nazwę na Centrum Badań Balistycznych. 28 VI 1935 r. Instytut Badań Materiałów Uzbrojenia przekształcono na Instytut Techniczny Uzbrojenia. Dalszych zmian do 1939 r. nie udało się ustalić. Spośród wielu ważną rolę w pracach badawczo-rozwojowych ITU odgrywały studia i prace doświadczalne nad materiałami chemicznymi dla potrzeb wojska. Ważną pozycję stanowiły prace badawcze dotyczące prochów i mat. wybuch. (kwalifikowanie prochów w związku z przeprowadzanymi badaniami balistycznymi, określanie warunków technicznych dla prochów nitroglicerynowych, opracowanie przepisów odnośnie do odbiorczych prób balistycznych z prochami działowymi, badania zjawisk związanych z detonacją mat. wybuch., studia nad zastępczymi mat. wybuch.). Kierownikiem oddziału ITU w Rembertowie był prof. T. Urbański (od 1934), zaś jego zastępcą prof. J. Hackel. Ponadto pracowali tu dr Kapuściński (od 1936), inż. Stanisław Miładowski, mgr inż. Jerzy Zacharewicz, dr Marian Słoń, dr Tucholski, techn. Galas, techn. Jabłoński oraz do 1938 r. inż. Bolesław Kwiatkowski. Najważniejsze w zakresie opracowania zastępczych mat. wybuch. było zastąpienie trotylu, materiału wówczas defi-

cytowego. Chodziło o stworzenie mat. wybuch. na bazie saletrzano-amonowych do ładowania pocisków. Osiągnięto znaczące wyniki. Ponadto prowadzono prace nad nowym rodzajem mat. wybuch., który zastąpiłby proch bezdymny. Dodawano pikryniany potasu w celu likwidacji płomienia wtórnego. Rezultat tych prac był pozytywny.

ISDN, $C_6H_8N_2O_8$, mat. wybuch. o prędkości detonacji 5300 m/s przy gęstości 1,08 g/cm^3.

J

Jacobi Boris S., 1801—1874, fizyk i elektromechanik rosyjski pochodzenia niemieckiego. W 1834 r. zbudował komutatorowy silnik elektryczny, a w 1843 linię telegraficzną Petersburg—Carskie Sioło. Konstruował aparaty telegraficzne, kable energetyczne i ogniwa elektryczne. Ulepszył elektryczny sposób pobudzania ładunków mat. wybuch. opracowany przez P.L. Szilinga. W 1839 r. wraz z zespołem współpracowników opracował zapłonniki elektryczne z platynowymi mostkami oporowymi, zaś w 1840 specjalne baterie galwaniczne, przystosowane do prac wybuchowych. Ten sam zespól skonstruował pierwszą zapalarkę elektryczną do elektrycznego pobudzania mat. wybuch.

Jach Karol, ur. 1947 r., doktorat na temat propagacji fali Macha w stożku kumulacyjnym (1978). Specjalista w dziedzinie wybuchowej mikrosyntezy termojądrowej. Autor ponad 20 prac teoretycznych z zakresu wybuchowej mikrosyntezy termojądrowej. Współpracownik i uczeń prof. S. Kaliskiego. Laureat trzech nagród ministerialnych.

Jańczyk Edward, ur. 1904 r., specjalista w dziedzinie górniczych mat. wybuch. W 1934 r. podjął pracę w *Sp. Akc. Lignoza* w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym*, gdzie od 1936 r. pełnił funkcję kierownika oddziału dynamitu, nitrozwiązków i nitrogliceryny. Opatentował proces stabilizacji pentrytu. Ponadto wprowadził do produkcji trotylu nowy zmodernizowany typ mieszadła oraz wraz z inż. Stanisławem Kościukiewiczem opracował metodę dwustopniowego otrzymywania trójnitrotoluenu dla celów górniczych. Po II wojnie świat. położył duże zasługi w zakresie uruchamiania nowych produkcji, m.in. aniliny.

Jasiński Włodzimierz, ur. 1935 r., doktorat z zakresu preparautyki mat. wybuch. (1973). Specjalista w dziedzinie chemii i technologii mat. wybuch. Autor 30 publikacji naukowych, 7 patentów.

jądrowy materiał wybuchowy, substancje, w których przy spełnieniu określonych warunków mogą zachodzić reakcje jądrowe, np. reakcja rozszczepienia i syntezy, powodując wydzielanie się dużych ilości energii w bardzo krótkim czasie i w niewielkiej objętości. Stosowane są w broni jądrowej o charakterze wybuchowym. W reakcji rozszczepienia wykorzystuje się izotopy uranu (^{233}U, ^{235}U, ^{238}U) oraz jeden z izotopów plutonu (^{239}Pu), natomiast w reakcji syntezy izotopy wodoru (deuter i tryt) oraz pierwiastek lit.

Jouget E., francuski fizyk, który pod koniec lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, wraz z angielskim uczonym S. Chapmanem, rozwinął hydrodynamiczną teorię detonacji mat. wybuch. Podstawy tej teorii w zastosowaniu do gazów opracował w 1890 r. rosyjski uczony W.A. Michelson.

K

K-1, -2 splav, radziecka mieszanina trotylu i trójnitrobenzolu lub dwunitronaftalenu.

Kalinnik, VII w.n.e., *Bizantyjczyk;* według kronik bizantyjskich odkrywca greckiego ognia.

Kaliski Sylwester, 1925—1978. W 1951 r. został oficerem i rozpoczął pracę w Wojskowej Akademii Technicznej, gdzie kolejno awansował od adiunkta do rektora-komendanta, którym został w 1966 r. W 1954 r. obronił



Kaliski Sylwester

rozprawę doktorską, w dwa lata później habilitacyjną. W 1958 r. został profesorem, mając niespełna 33 lata. Prowadził działalność w Polskiej Akademii Nauk, zostając jej członkiem rzeczywistym w 1969 r. Był redaktorem naczelnym PAN-owskiego czasopisma *Proceedings of Vibration Problems*, a następnie *Journal of Technical Physics;* członkiem Prezydium Polskiej Akademii Nauk; założycielem i dyrektorem Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy, który obecnie nosi jego imię. Od 1972 r. był posłem na Sejm PRL, w latach 1972—74 pełnił funkcję przewodniczącego Sejmowej Komisji Nauki i Postępu Technicznego. W 1974 r. został powołany na stanowisko Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki. Na VII Zjeździe PZPR wybrany członkiem Komitetu Centralnego. Posiadał stopień wojskowy generała dywizji. Odznaczony pośmiertnie Orderem Budowniczego Polski Ludowej. Był laureatem 4 Nagród Państwowych I stopnia (1964, 1970, 1974, 1978). Jego dorobek naukowy obejmuje ponad 550 publikowanych prac, książek i podręczników; wynalazki opatentowane w kraju i za granicą. Posiadał tytuły doktora honoris causa Moskiewskiego Uniwersytetu Państwowego im. M.W. Łomonosowa oraz Uniwersytetu w Sofii. W latach 1949—60 działalność naukową i dydaktyczną koncentrował na problemach mechaniki ośrodków ciągłych, uzyskując znaczące sukcesy, m.in. dwukrotnie nagrodę Polskiej Akademii Nauk im. H. Huberta. W latach sześćdziesiątych przedmiotem jego prac stała się teoria połączonych pól mechano-elektro-magnetycznych. W wyniku tego stał się twórcą polskiej szkoły elektro-fononiki i odkrywcą fasera. Począwszy od 1967 r. K.S. rozpoczyna badania nad kontrolowaną syntezą termojądrową (*mikrosyntezą*). W kierowa-

nym przez niego zespole uzyskano w *1973 r. generację neutronów syntezy* termojądrowej, co spowodowało wejście Polski do grona kilku krajów na świecie, liczących się w badaniach nad mikrosyntezą t-j. Pracując w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy tworzy i rozwija oryginalną metodę realizacji kontrolowanej syntezy termojądrowej na drodze wybuchowej kompresji materii (*metoda wybuchowej mikrosyntezy*). Zmierzał w kierunku budowy układów kombinowanych, w których układ wybuchowy współdziałałby z innym układem (np. laserowym) w celu zwiększenia kompresji materii oraz w kierunku budowy układów czysto wybuchowych. W związku z tym, w kierowanym przez niego zespole prowadzono prace nad wybuchowym *napędzaniem* linerów, kumulacją fal uderzeniowych *wytwarzanych* wybuchem oraz sterowaniem procesem detonacji. Uzyskane wyniki badań pozostają na najwyższym światowym poziomie. Na uwagę zasługuje rozwinięta przez K.S. idea profilowania wybuchowej kompresji plazmy. Efektem prac prowadzonych przez K.S. było otrzymanie w *1977* r., w wymienionym instytucie, emisji neutronów (*ponad* 10^7) *z reakcji syntezy termojądrowej* w stożkowym układzie wybuchowym, co stanowiło pierwsze udokumentowane tego typu doświadczenie na świecie. Za prace w zakresie wybuchowej metody realizacji syntezy t-j K.S. wraz z zespołem otrzymał w 1978 r. Nagrodę Państwową I stopnia. Zmarł w wyniku obrażeń doznanych w wypadku *samochodowym*.

Kamiński Antoni, ok. 1897—1950 (?), inż. specjalista w dziedzinie mat. wybuch., kapitan WP, stażysta we Francji. W 1927 r. rozpoczął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* w Fabryce Prochu Bezdymnego jako kierownik zmianowy, od 1931 r. kierownik oddziału prochu nitrogliceryнowego, a od *1936 r. kierownik* Fabryki Prochów Bezdymnych.

kamuflet: 1) wybuch pocisku artyleryjskiego pod ziemią bez utworzenia leja; 2) rodzaj miny podziemnej niedoładowanej, która po wybuchu nie narusza zewnętrznej warstwy ziemi.

kapiszon, rodzaj spłonki wykonanej w kształcie mosiężnej lub miedzianej miseczki, kapelusika lub dzwoneczka z warstwą piorunianu rtęci wewnątrz. K. stosowany był w XIX w. w karabinach i pistoletach kapiszonowych; nakładano go na rurkę zwaną *kominkiem*, w której znajdował się **kanał** *prowadzący* do komory nabojowej. Strzał następował w wyniku uderzenia korka w k. i zapalenia się piorunianu rtęci. Powstały przy tym płomień przechodził do komory nabojowej i powodował zapalenie prochu. Obecnie k. nie są stosowane.

karbonit D2G, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 1880—*2260 m/s*.

karbonit D3, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 1970 m/s, cieple wybuchu 776 kcal/kg oraz objętości gazów wybuchowych 817 l/kg.

karbonit D4, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 1670 m/s, cieple wybuchu *700 kcal/kg*, temperaturze wybuchu 1950°C oraz objętości gazów *wybuchowych 867 l/kg*.

karbonity węglowe, mat. wybuch. składające się z saletry amonowej, kilku procent nitrogliceryny, trotylu, mączki drzewnej oraz soli kuchennej w ilości 10—15%. Pod względem własności strzelniczych k.w. są słabsze od amonitów skalnych. Prędkość fali detonacyjnej ok. 2700 m/s, ciśnienie detonacji *ok. 34 000 kG/cm², temperatura* produktów detonacji ok. 2100°C, *wydęcie w* bloku ołowianym do 290 ml. K.w. używa się do robót węglowych w polach niegazowanych w klasie A zagrożenia pyłowego. Stosowanie ich w chodnikach w klasie B zagrożenia pyłowego wymaga zgody Okręgowego Urzędu Górniczego. W Polsce zużycie k.w. wynosi ok. 33% całego zużycia mat. wybuch. w górnictwie węglowym.

Kardaszewicz Jerzy, **1898—1953,** doktorat z chemii w 1925 r.; specjalista w zakresie nitrozwiązków. W 1925 r. objął kierownictwo fabryki kalafonii i terpentyny w Rudniku, zaś w 1927 **r.** podjął pracę w ***Państwowej Wytwórni***

Prochu w Pionkach, gdzie od 1931 r. został kierownikiem Centralnego Laboratorium wytwórni. W 1937 r. został dyrektorem nowo budowanej przez *PWP w Pionkach* wytwórni prochu w Krajowicach k. Jasła. Po II wojnie świat. był dyrektorem Zjednoczenia Materiałów Wybuchowych, następnie dyrektorem technicznym Biura Projektów „Erg".

karritto, japońska nazwa prochu czarnego.

kasłanie, patrz spalanie pulsujące.

KEL-F, marka tworzywa o nazwie politrójfluorochloroetylen, stosowanego w mieszaninach z silnymi mat. wybuch.

keyneyaku, japońska nazwa trójnitrofenetolu.

kibakuyaku, japońska nazwa inicjujących mat. wybuch.

Kielczewski Jerzy, ur. 1895 r., inż.-chemik, absolwent Politechniki Warszawskiej (1923). Początkowo pracował w Instytucie Materiałów Wybuchowych Przemysłu Chemicznego w Warszawie (siedziba mieściła się przy ul. Królewskiej) pod kierownictwem mjr. Plichty. Prowadził tam badania nabojów i spłonek pochodzenia austriackiego. Jednocześnie w latach 1926—27 zatrudniony był w Zakładzie Maszynoznawstwa Chemicznego Politechniki Warszawskiej, gdzie uruchomił laboratorium instytutowe. W 1928 r. przez krótki okres czasu prowadził badania w Laboratorium Instytutu Badań Inżynierii i Saperów w Warszawie pod kierownictwem mjr. Zielińskiego. W 1928 r. przeszedł do pracy w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym* (*Sp. Akc. Lignoza*), gdzie został kierownikiem oddziałów produkcyjnych. W 1938 r. objął stanowisko dyrektora nowo budowanej *Fabryki Materiałów Wybuchowych w Pustkowie*. Jest autorem kilkunastu patentów i wzorów użytkowych. Wybitny specjalista w dziedzinie mat. wybuch. górniczych. Jeden z nielicznych projektantów urządzeń do produkcji mat. wybuch.

kinetyka chemiczna, dział chemii fizycznej zajmujący się badaniem szybkości reakcji chemicznej. Rozpatruje przebiegi i mechanizmy reakcji, wpływ rozmaitych czynników (np. temperatury, ciśnienia, obecności katalizatorów) na ich szybkość, zachowanie się najprostszych cząsteczek zdolnych do reakcji (np. atomów, jonów, rodników) itp. Znajomość k.ch. umożliwia dobór najkorzystniejszych warunków przebiegu różnych procesów technologicznych.

klasyczne (zwykłe) materiały wybuchowe, mat. wybuch. wydzielające energię w wyniku rozkładu (wybuchu) chemicznego. Należą do nich wszystkie miotające, kruszące i inicjujące mat. wybuch. z wyjątkiem jądrowych.

Klemens Rudolf, ur. 1942 r., doktorat w zakresie spalania na temat zapłonu mieszanin heterogenicznych od iskry elektrycznej (1978). Specjalista w dziedzinie zapłonu i rozprzestrzeniania się płomieni, określania zakresów wybuchowości, dynamiki i rozwoju wybuchów oraz problemów zapobiegania i zwalczania wybuchów w mieszaninach heterogenicznych. Autor ponad 20 opracowań z zakresu wybuchowości.

Kniażykowski Eugeniusz, inż. chemik, od 1923 r. dyrektor Fabryki Prochów należącej do belgijskiej *Sp. Akc. Zakłady Przemysłowe Boryszew* k. Sochaczewa. Tu wraz z inż. Stanisławem Micewiczem i inż. Jerzym Horodeckim uruchomił produkcję bezdymnego prochu karabinowego do amunicji ćwiczebnej.

knot, inaczej lont wolnotlący.

knauerit, handlowa nazwa austriackiego żelatynowego mat. wybuch. stosowanego do badań sejsmicznych.

komora minowa: 1) wgłębienie wykonane w filarze mostowym budowli hydrotechnicznej lub innym obiekcie; w k.m. umieszcza się ładunek mat. wybuch.; 2) pomieszczenie na okręcie wojennym, w którym przechowuje się miny.

komora pocisku, przestrzeń we wnętrzu skorupy pocisku, wypełniona ładunkiem bojowym, którym może być mat. wybuch., masa oświetlająca, środek trujący.

komora podziemno-minerska, wyrobisko podziemne, wykorzystywane w walce podziemno-minerskiej; umiesz-

cza się w nim ładunek mat. wybuch. (minę podziemną).

komory wybuchowe, urządzenia służące do zlokalizowania efektów wybuchu ładunków mat. wybuch. w określonej objętości. Detonacja ładunku mat. wybuch. powoduje pewne szkodliwe oddziaływanie na otoczenie. Zmniejszenie wpływu tych niekorzystnych efektów jest szczególnie ważne dla wybuchowców. Tradycyjnie prace wybuchowe prowadzono na otwartych poligonach. Ze względu na warunki wynikające z konieczności zapewnienia bezpieczeństwa otoczenia wielkość jednocześnie detonowanych (odpalanych) ładunków była ograniczona. Stosowane dotychczas sposoby wytłumiania powstającej podczas wybuchu fali uderzeniowej były z reguły kosztowne i dlatego obecnie poszukuje się innych. Np., prace strzałowe przeprowadza się w zbiornikach wodnych, w zamkniętych konstrukcjach betonowych, tzw. bunkrach i innych. Niekiedy wybuchy przeprowadza się w nieczynnych szybach kopalni lub tunelach pod ziemią. Coraz częściej wykorzystuje się jednak metalowe k.w. Każda k.w. powinna zawierać układy: mechaniczny, hydrauliczny i elektryczny. Jednym z podstawowych jej elementów jest zamknięta powłoka, tworząca przestrzeń roboczą komory. Powłoka komory jest hermetyzowana. W ten sposób lokalizuje się wszystkie rażące czynniki wybuchu jak: fala uderzeniowa, produkty wybuchu, odłamki, toksyczne produkty detonacji oraz efekt akustyczny i powoduje się także ich wytłumienie, że pomieszczenie, w którym znajduje się komora, nie wymaga dodatkowego zabezpieczenia.

W większości k.w. znajduje się stół roboczy, na którym przeprowadza się detonację ładunków mat. wybuch. W powłoce komory jest luk technologiczny, przez który wprowadza się przedmioty przeznaczone do obróbki wybuchem oraz ładunki mat. wybuch. Drugi luk służy do wypompowania powietrza. Ponadto w powłoce komory są przepusty dla instalacji odpalania ładunków. K.w. (metalowe) są coraz częściej wykorzystywane zarówno w przemyśle, jak i w laboratoriach naukowo-badawczych, do badania oddziaływań wybuchowych (uderzeniowych) na różne ciała.

kokoshokuyaku, japońska nazwa prochu czarnego.

koloksylina, patrz bawełna kolodionowa.

kompozycja A-3, mat. wybuch. o składzie 91% heksogenu, 9% wosku, prędkości detonacji 8100 m/s przy gęstości 1,59 g/cm^3.

kompozycja B, mat. wybuch. o składzie 36% trotylu, 64% heksogenu, prędkości detonacji 7840 m/s przy gęstości 1,68 g/cm^3, cieple wybuchu 5190 kJ/kg.

kompozycja B-3, mat. wybuch. o składzie 40% trotylu, 60% heksogenu, gęstości 1,72 g/cm^3.

kompozycja C, stały mat. wybuch. o składzie 77% heksogenu, 4% trotylu, 3% tetrylu, 10% dwunitrotoluenu, 5% mononitrotoluenu, 1% nitrocelulozy, prędkości detonacji 7600 m/s przy gęstości 1,6 g/cm^3.

kontrmina, inaczej przeciwmina podziemna.

Kordylewski Włodzimierz, ur. 1943 r., doktorat na temat matematyczno-fizycznego modelowania przepływów ze spalaniem (1980). Specjalista w zagadnieniach teorii spalania, modelowania matematycznego. Autor ok. 30 publikacji, 2 patentów.

kordyt, rodzaj prochu nitroglicerynowego, wynaleziony przez F. Abela oraz J. Dewara w 1889 r. Przy wyrobie k. do żelatynizacji nitrocelulozy o wysokiej zawartości azotu (12,9—16,0%) stosuje się, oprócz nitrogliceryny, rozpuszczalniki lotne — aceton lub mieszaninę eteru z alkoholem. K. produkuje się i stosuje głównie w Anglii jako proch do broni strzeleckiej i artyleryjskiej. Typowy k. składa się z 58% nitrocelulozy, ok. 30% nitrogliceryny, ok. 3% centralitu, ok. 7,5% dwunitrotoluenu, ok. 1% wazeliny i ok. 0,5% wody w postaci wilgoci.

koronit, handlowa nazwa mat. wybuch. będącego mieszaniną chloranową, patrz cheddyt.

Korzun Mikołaj, ur. 1941 r., doktorat na temat badań i zastosowania procesu elektrycznego wybuchu przewodnika do inicjowania detonacji kruszących mat. wybuch. (punktowego, liniowego, płaszczyznowego) — 1974 r. W latach 1965/66 asystent w Katedrze Mostów Politechniki Warszawskiej, 1966—70 pracownik Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, 1970—76 Wojskowej Akademii Technicznej (od lutego 1972 r. adiunkt), od 1976 r. Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy im. S. Kaliskiego, gdzie w 1981 r. został kierownikiem Zakładu Technologii Wybuchowych. Specjalista w dziedzinie dynamicznych badań betonów, fizyki wybuchu chemicznego i elektrycznego, technologii wybuchowych opracowywanych dla potrzeb przemysłu; uczestnik prac badawczych nad realizacją koncepcji wybuchowej mikrosyntezy termojądrowej pod kierownictwem prof. S. Kaliskiego. Autor lub współautor 48 publikacji, ponad 20 opracowań naukowych, kilku patentów, technologii przemysłowych wykorzystujących energię wybuchu (cięcia parowozów, wlewków hutniczych, barek rzecznych, platerowanie i tłoczenie metali i innych), rozwinął w kraju zastosowania wydłużonych ładunków kumulacyjnych. Współautor książki *Budownictwo betonowe*, autor *Kariera wybuchu*. Rzeczoznawca SIMP NOT.

Kościukiewicz Stanisław Franciszek, ur. 1893 r., absolwent Instytutu Elektrotechnicznego w Petersburgu (1918). Specjalista w dziedzinie zagadnień przemysłu organicznego, zwłaszcza górniczych mat. wybuch., środków inicjujących i zapalających. W latach 1918—21 pracował w *Sochaczewskiej Fabryce Jedwabiu i Prochu* na oddziale bezdymnego prochu karabinowego nitrocelulozowego, następnie w latach 1921—24/25 w fabryce sody w Mątwach (zakłady *Solvay*). W latach 1926—39 pełnił wszystkie stanowiska od kierownika laboratorium fabrycznego do dyrektora w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym (Sp. Akc. Lignoza)*. W 1940 r. zaprzysiężony jako członek Związku Walki Zbrojnej (pseudonim „Józef"), następnie członek Armii Krajowej, działający pod kierownictwem inż. Witolda Gokoli (pseudonim „Ryszard") w zakresie organizowania komend wytwórni mat. wybuch. na rzecz ruchu oporu. W tym okresie do szczegółowych zadań należało utrzymywanie kontaktów, wywiad oraz opracowywanie receptur mat. wybuch. Autor wielu usprawnień technicznych, m.in. opracował metodę otrzymywania trójnitrotoluenu dla celów produkcji górniczych mat. wybuch. (wraz z inż. E. Jańczykiem), wraz z inż. St. Pociejem uruchomił produkcję spłonek górniczych, saperskich i innych środków w Bieruniu Starym (przed II wojną świat.).

Kotecki Stanisław, 1907—1948/49, absolwent Politechniki Warszawskiej (1931) ze specjalnością mat. wybuch. Po studiach pracował w *Wytwórni Amunicji nr 3* w Rembertowie na stanowisku kierownika oddziału armatniego. Później podjął pracę w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Łęgnowie* na stanowisku dyrektora technicznego, następnie dyrektora fabryki „*Nitron*" w Krupskim Młynie.

kowadełko, element dna łuski w postaci występu półkolistego umieszczonego pod spłonką zapalającą o działaniu uderzeniowym. Grot iglicy uderzając w spłonkę przygniata mat. wybuch. do k. i inicjuje jego zapłon, a tym samym powoduje zapalenie głównego ładunku miotającego.

kowolum, patrz kowolumen gazów prochowych.

kowolumen gazów prochowych, współobjętość, wielkość uwzględniająca objętość cząstek (molekuł) gazów prochowych. Fizycznie jest to równoważnik objętości zajmowanej przez cząstki gazów, powstałe ze spalania jednostki masy prochu. Dla prochów nitroglicerynowych i nitrocelulozowych wynosi około 1 cm^3/g. Określany jest doświadczalnie za pomocą bomby manometrycznej. W obliczeniach przyjmuje się, że jest wielkością stałą, chociaż w pewnym stopniu zależy od ciśnienia.

Kozłowski Tadeusz, ?—1979, inż. chemik, absolwent Politechniki Warszawskiej. W latach 1929—39 pełnił funkcję kierownika Laboratorium Badawczego i Kontrolnego w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym.* Opracowywał ściśle warunki odbioru środków i materiałów pomocniczych



Kozłowski Tadeusz

do produkcji mat. wybuch. oraz kontroli jakości wytwarzanych produktów. Uruchomił pierwszy w kraju aparat W. Cybulskiego do badania zdolności inicjalnej spłonek.

Kozłowski Władysław, ur. 1906 r., absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością mat. wybuch. (1931). W latach 1930—35 był asystentem w Zakładzie Technologii Ogólnej i Technologii Węglowodanów prowadzonym przez prof. K. Smoleńskiego na Politechnice Warszawskiej. W latach 1935—37 pracował w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* w Centralnym Laboratorium oraz na Stacji Badawczej Prochów Bezdymnych, następnie w latach 1937—39 na stanowisku kierownika oddziału prochów nitroglicerynowych w fabryce nitrogliceryny i materiałów kruszących w *PWP w Pionkach.* Autor kilkunastu publikacji naukowych, współautor krajowych przepisów dotyczących BHP w zakładach produkujących mat. wybuch.

Krasiejko Tadeusz, ur. 1927 r., doktorat na temat wykrywania i oznaczania zanieczyszczeń w niektórych materiałach stosowanych do produkcji saletrzano-amonowych mat. wybuch. (1975). Specjalista w dziedzinie analizy mat. wybuch. — metody wykrywania, rozdzielania i oznaczania zanieczyszczeń w nitrozwiązkach i azotanach organicznych, określania składu mieszanin pirotechnicznych i paliw oraz metody kontroli procesów technologicznych w produkcji mat. wybuch. Autor ok. 60 artykułów niepublikowanych, 12 publikowanych, 2 patentów.

kreszer, inaczej zgniotek lub przyrząd zgniotkowy.

krezylit, związek chemiczny stosowany we Francji w mieszaninach topliwych z kwasem pikrynowym do napełniania pocisków. Posiada te same wady co kwas pikrynowy, tworząc sole wrażliwe na uderzenie i płomień.

Królikowski Władysław, 1822—1884, uczestnik powstania 1863 r. Wyemigrował z Polski i przez pewien czas pracował za granicą w Noblowskich wytwórniach mat. wybuch. Po powrocie do kraju osiedlił się na Śląsku i jako inżynier pracował w fabrykach dynamitu w Bieruniu Starym. Wprowadził pewne usprawnienia w produkcji nitrogliceryny. Zginął w wyniku eksplozji.

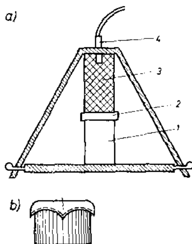
Kruczek Halina, ur. 1948 r., doktorat na temat teoretycznych i doświadczalnych badań zapłonu ziarna węglowego (1977). Specjalista w dziedzinie teorii spalania i urządzeń energetycznych. Autorka ok. 20 publikacji, 2 patentów.

kruszące działanie wybuchu, patrz kruszność.

kruszący materiał wybuchowy, patrz materiał wybuchowy kruszący.

kruszność, jedna z form mechanicznego niszczącego działania wybuchu, polegająca na intensywnym kruszeniu i deformacji przeszkody bezpośrednio przylegającej do ładunku mat. wybuch., w wyniku gwałtownego uderzenia produktów detonacji sprężonych do bardzo wysokich ciśnień. Efektywność kruszącego działania zależy od ciśnienia na froncie fali detonacyjnej,

które jest proporcjonalne do gęstości ładunku mat. wybuch. i kwadratu jego prędkości, a także od czasu działania tego ciśnienia. Praktyczną miarą porównawczą k. danego mat. wybuch.



Próba Hessa:
a) zestaw do próby *Hessa*; b — zgniot cylinderka ołowianego: 1 — cylinderek ołowiany, 2 — tłoczek stalowy, 3 — próbka mat. wybuch., 4 — spłonka detonująca

jest wielkość zgniotu cylinderka ołowianego po wybuchu 50 g mat. wybuch.

krytyczna gęstość ładunku, najmniejsza gęstość, przy której dany mat. wybuch. może zdetonować. Wzrost gęstości powyżej dolnej krytycznej powoduje zwiększenie prędkości detonacji do maksimum. Przy dalszym wzroście gęstości prędkość detonacji maleje i wreszcie przy górnej krytycznej zanika.

krytyczna grubość warstwy ładunku, pojęcie analogiczne do krytycznej średnicy ładunku; odnosi się do ładunku w kształcie płata (warstwy), patrz krytyczna średnica ładunku.

krytyczna średnica ładunku, najmniejsza średnica ładunku, przy której możliwy jest stacjonarny przebieg detonacji. Zmniejszenie średnicy ładunku poniżej jej wartości krytycznej powoduje, że stałe rozprzestrzenianie się detonacji nie jest możliwe, bez względu na siłę bodźca pobudzenia, a także przerwanie procesu rozprzestrzeniania się detonacji w pewnej odległości od miejsca pobudzenia. Przy k.ś.ł. detonacja ma wartość najmniejszą w danych warunkach. K.ś.ł. ulega zmianie w zależności od gęstości ładunku, rodzaju otoczki ładunku i stopnia jego rozdrobnienia.

Krzysztolik Paweł, ur. 1933 r., doktorat na temat metod pomiaru ciśnień wybuchów metanu i pyłu węglowego. Specjalista w dziedzinie bezpieczeństwa pracy w górnictwie. Autor 103 publikacji naukowych, 32 patentów i 3 wzorów użytkowych. Autor książki *Strzelanie elektryczne w górnictwie*.

Krzyżyński Bronisław, ur. 1912 r., specjalista w dziedzinie mat. wybuch. oraz projektowania i budowy fabryk mat. wybuch. W latach 1930—37 pracował w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* na stanowisku kierownika Stacji Doświadczalnej Nitrozwiązków Aromatycznych, następnie zastępcy kierownika Stacji Badań Prochów Bezdymnych. W tym okresie prowadził prace badawcze oraz wykonał projekt rekonstrukcji wydziału nitrocelulozy oraz adaptacji wydziału prochów nitroglicerynowych do produkcji prochów nitrocelulozowych. W latach 1938—39 uczestniczył w budowie *Państwowej Wytwórni Prochu w Krajowicach* k. Jasła na stanowisku kierownika wydziału prochów bezdymnych. Współautor przepisów BHP w zakresie produkcji i transportu mat. wybuch. Członek Komisji Głównej przy KNIT d.s. projektowania zakładów produkcyjnych.

Książkiewicz Stanisław Bonawentura, ur. 1913 r., w 1935 r. podjął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* na stanowisku kierownika zmianowego produkcji wojskowej na wydziale nitrocelulozy. Prowadził restabilizację prochów z okresu I wojny świat. oraz wstępną produkcję mat. wybuch. saperskiego opracowanego w *PWP w Pionkach*, tzw. dunitu. Uczestniczył w uruchamianiu fabryki kwasu siarkowego i oleum w Kielcach (1936). Autor alkoholizacji nitrocelulozy kolo-

dionowej na prasach, co wykorzystano przy budowie fabryki w Krajowicach. Autor 7 publikacji, 6 opracowań specjalistycznych.

ksylil, ksylit, $C_6H(NO_2)_3(CH_3)_2$, mat. wybuch. powstający w wyniku *nitrowania ksylenu. Ciepło wybuchu* 1000 kcal/g, temperatura zapłonu (wybuchu) 315°C, objętość gazów z 1 kg 697 l, temperatura krzepnięcia 163°C, prędkość detonacji 6600 m/s.

kształt prochu, geometryczny kształt ziarna prochowego, stanowiącego element ładunku miotającego (napędowego) broni palnej. W przypadku prochu czarnego (dymnego), którego ziarna są zwykle kuliste lub nieregularne, kształt określa się orientacyjnie na podstawie przeciętnej średnicy ziaren. Typowymi k.p. bezdymnego są: rurki cylindryczne, prostopadłościany (płytki, taśmy), cylindry pełne, cylindry z kilkoma otworami *wzdłużnymi*, kulki. Od k.p. zależy charakter zmian masowej prędkości spalania w danych warunkach, a w konsekwencji ciśnienia gazów prochowych i prędkości pocisku w przewodzie lufy. W balistyce wewnętrznej k.p. charakteryzuje się za pomocą *stosunku pola powierzchni spalania* ziarna prochowego do początkowej (przed spalaniem) wartości pola powierzchni ziarna. Stosunek ten, będący funkcją wielkości (ilości) spalonego ziarna lub grubości spalonej warstwy odniesionych do odpowiednich wartości początkowych, nazywa się geometryczną charakterystyką progresywności. Kształty, dla których charakterystyka ta jest mniejsza od jedności, nazywa się degresywnymi, a kształty dla których jest ona większa od jedności — progresywnymi.

Kuboszek Rudolf, ur. 1926 r., doktorat na temat badań nad otrzymywaniem i własnościami kwasu nad-*octowego (1965). Specjalista w zakresie* chemii i technologii, głównie termostabilnych mat. wybuch. Wykładowca Politechniki Warszawskiej (do 1974) oraz Politechniki Śląskiej (od 1978), także konsultant naukowy i dydaktyczny Politechniki Śląskiej w dziedzinie teorii wybuchu, chemii i technologii mat. wybuch. Autor 4 publikacji, 35 opracowań specjalistycznych, 15 patentów, 2 projektów instalacji półtechnicznych.

Kuczyński Tadeusz, inż. chemik. *W 1933 r. rozpoczął pracę w Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*, gdzie w Centralnym Laboratorium prowadził Stację Doświadczalną Termostatów. Badał zachowanie się prochów po dłuższym okresie przechowywania. Zginął w obozie koncentracyjnym w czasie *II* wojny świat.

kula ognista wybuchu jądrowego, kula (lub półkula przy wybuchu naziemnym) powstająca podczas wybuchu jądrowego, składająca się z rozżarzonych produktów wybuchu i cząsteczek powietrza. Rozprzestrzenia się z prędkością większą od prędkości dźwięku, sprężając przy tym powietrze. W chwili wybuchu ładunku jądrowego o *mocy ok.* 20 kT temperatura kuli ognistej równa jest milionom °C. Po upływie ok. 100 μs temperatura powierzchni kuli wynosi ok. 300 000°C, zaś promień ok. 15 m, po upływie 0,015 s — około 5000—7000°C oraz promień ok. 100 m. Kula unosi *się szybko w górę i stygnąc przekształca* się w skłębiony obłok. Jest źródłem bardzo intensywnego promieniowania świetlnego i przenikliwego. W przypadku ładunku jądrowego 20 000 kT promień k.o. wynosi ok. 200 m, czas świecenia ok. 10 s. Promień kuli jest tym większy, im większy jest równoważnik trotylowy danego typu amunicji jądrowej.

Kulesza Urszula, ur. 1941 r., doktorat na temat badań nad technologią platerowania wybuchowego i analizy zmian strukturalnych w powstałym obszarze złącza (1969). Specjalistka z zakresu metaloznawstwa, obróbki cieplnej, szczególnie zagadnień doty-*czących zmian mechanicznych i struk*turalnych w metalach obrabianych wybuchowo. Autorka ponad 20 publikacji naukowych i 2 patentów.

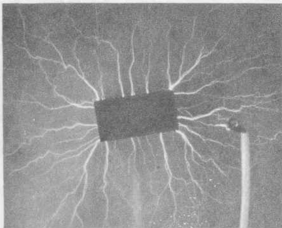
Kumanowski Wacław, inż. chemik. Ok. 1930 r. rozpoczął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*,

gdzie w ramach Centralnego Laboratorium prowadził od 1934 r. Stację Doświadczalną dunitu. W 1936 r. uruchomił produkcję doświadczalną dunitu w fabryce nitrogliceryny i materiałów kruszących w *PWP w Pionkach*.

kumulacja, zjawisko fizyczne polegające na koncentracji i ukierunkowaniu energii strumienia gazów powstałych w trakcie wybuchu materiału kruszącego, mającego wgłębienie w kształcie półkuli, stożka itp. Ukierunkowane działanie strumienia kumulacyjnego wykorzystuje się do zwiększenia efektu przebicia (cięcia) różnych materiałów. Efekt k. może być zwiększony przez wyłożenie wgłębienia kumulacyjnego specjalną wkładką metalową (tzw. wkładką kumulacyjną). Zjawisko k. znajduje zastosowanie w ładunkach kumulacyjnych używanych do celów wojskowych (w pociskach przeciwpancernych kierowanych i niekierowanych, granatach, minach i bombach), a także w górnictwie (np. przy przebijaniu twardych skał), w hutnictwie (przy przebijaniu otworów spustowych, przecinaniu bloków metalowych) itd. Zwiększenie oddziaływania mat. wybuch. kruszącego (z wgłębieniem) na płytę pancerną znano już w XIX w. Wykorzystano je w pociskach artyleryjskich użytych po raz pierwszy przez Niemców podczas wojny hiszpańskiej 1936—39. W ZSRR w latach 1923—26 zjawisko k. badał prof. Sucharewski, w Polsce natomiast Bałaczyński (Matematyczna analiza działania naboi wydrążonych). Właściwy rozwój badań zjawiska k. rozpoczął się w czasie II wojny świat., gdy w związku z masowym użyciem na polu walki broni pancernej powstała konieczność wynalezienia skutecznego środka do jej niszczenia. Mechanizm powstawania strumienia kumulacyjnego i jego oddziaływania na przeszkodę (płytę pancerną) jest następujący: z chwilą zapoczątkowania detonacji mat. wybuch. kruszącego przez pobudzacz, strefa wysokiego ciśnienia (które dla heksogenu może wynosić $2 \cdot 10^{10}$ N/m²) panującego na czole fali detonacyjnej (warstwa o grubości kilku mm) przemieszcza się z bardzo dużą prędkością (ok. 7500 m/s) w kierunku wkładki kumulacyjnej. Po dojściu fali detonacyjnej do powierzchni wkładki następuje odkształcenie jej pod wpływem silnego impulsu ciśnienia, po czym kolejno warstwy materiału wkładki przechodzą w stan quasi-ciekły i w wyniku gwałtownych przyspieszeń (w kierunku prostopadłym do jej powierzchni) zdążają koncentrycznie ku środkowi. W wyniku tego wkładka przyjmuje postać rdzenia, z którego „wyciskany" jest właściwy strumień kumulacyjny. Cząstki wkładki wykonanej z miedzi lub miękkiej stali, znajdujące się na czole strumienia, uzyskują prędkość rzędu 7000—15 000 m/s. Za strumieniem porusza się rdzeń (zbitek, zgęstek), który jest jego zakończeniem, a jednocześnie miejscem powstawania. Ruch rdzenia jest wolniejszy (500—1000 m/s). W miejscu spotkania się strumienia z płytą powstaje bardzo wysokie ciśnienie spowodowane jego dużą energią kinetyczną. Następuje drążenie krateru w płycie, przy czym w pierwszej fazie, dopóki strumień istnieje, odbywa się rozpychanie cząsteczek płyty na boki, w drugiej fazie — pogłębianie wytłoczonego krateru na skutek bezwładności ruchu cząsteczek materiału samej płyty. Doświadczalnie ustalono, że głębokość krateru zależy od rodzaju mat. wybuch. i sposobu jego pobudzania, kształtu i materiału wkładki kumulacyjnej, odległości od płyty, własności materiału płyty oraz dokładności wykonania ładunku kumulacyjnego. Wpływ mat. wybuch. na przebicie zależy głównie od prędkości detonacji. Ładunki wykonane z mat. wybuch. o małej prędkości detonacji nie dają należytego efektu kumulacyjnego. Do ładunków kumulacyjnych stosuje się zazwyczaj heksostol, będący mieszaniną heksogenu i trotylu, lub pentolit złożony z pentrytu i trotylu. Sposób detonowania mat. wybuch. i odległość detonatora (pobudzacza) od wkładki kumulacyjnej mają istotny wpływ na efekt przebicia. W ładunkach kumulacyjnych osiowo-symetrycznych stosu-

RÓŻNE FORMY WYBUCHU

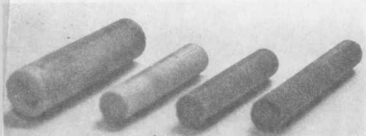
Wybuch elektryczny (wyładowanie powierzchniowe)



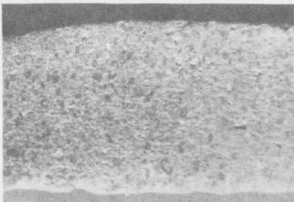
Wybuch chemiczny

Wybuch atomowy

Wybuch Galaktvki M-82



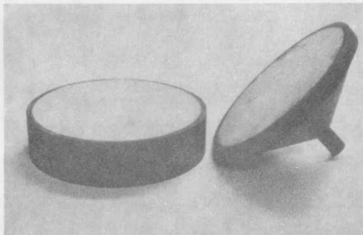
Ładunki do badań naukowych



Powierzchnia ładunku wykonanego z heksogenu flegmatyzowanego

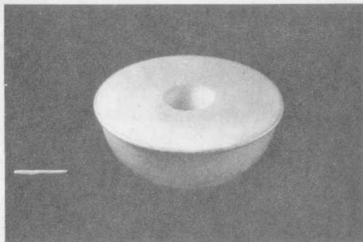


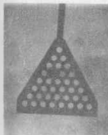
Ładunek amonitu skalnego w postaci naboju



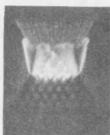
Generator płaskiej fali detonacyjnej

Półsferyczny ładunek mat. wybuch. do badań procesu detonacji







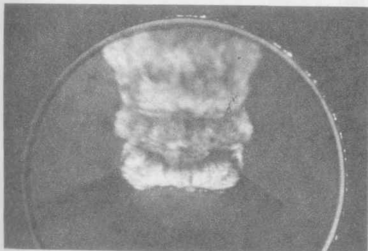


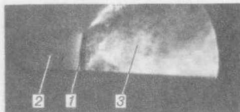




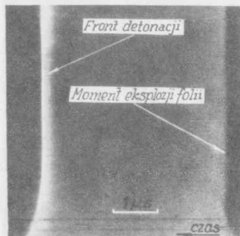
Generator „perforowany" wykonany z jednego mat. wybuch.

Generator wykonany z dwóch mat. wybuch. o różnych prędkościach detonacji



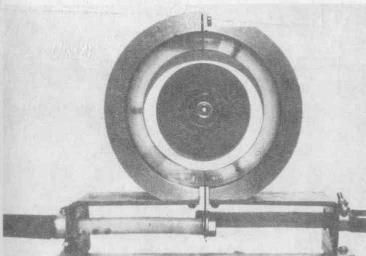


Detonacja warstwy mat. wybuch: 1 - front fali detonacyjnej. 2 - nie zaburzona część ładunku. 3 - produkty detonacji



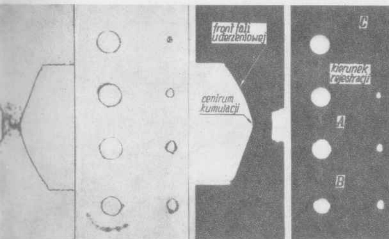
Elektrowybuchowe pobudzanie detonacji mat. wybuch.

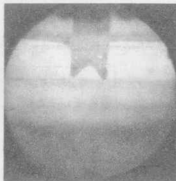
Detonacja pręta mat. wybuch. pobudzonego obwodowo: 1 - front padającej fali detonacyjnej, 2 - czołowa fala detonacyjna; L = 85

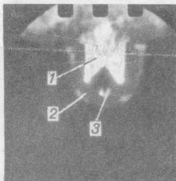


Cylindryczny układ badawczy do badań mikrosyntezy termojądrowej

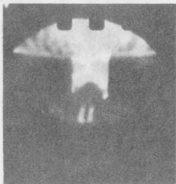
Rejestracja zbieżnej fali uderzeniowej



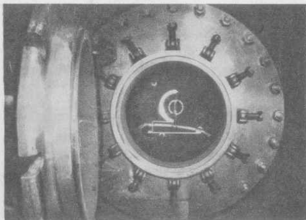




Optyczna superszybka rejestracja procesu wytwarzania strumienia kumulacyjnego przez wydłużony wybuchowy ładunek kumulacyjny: 1 – ładunek kumulacyjny, 2 – front fali uderzeniowej, 3 – czoło metalowego strumienia kumulacyjnego

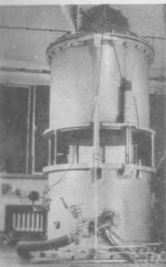




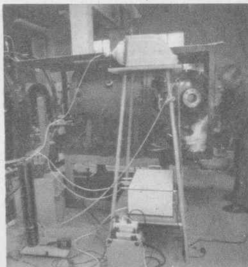


Ładunek w komorze wybuchowej

Komora pionowa



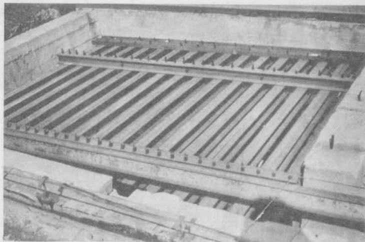
Komora pozioma

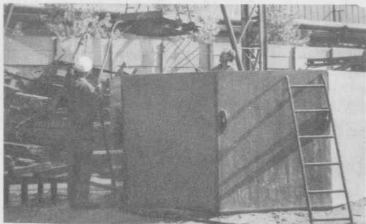


BUNKRY BETONOWE DO PRAC STRZAŁOWYCH

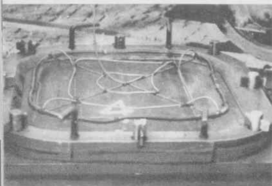
Konstrukcja zamknięta

Konstrukcja otwarta
(widoczny metalowy „łamacz" fali uderzeniowej)





Basen do tłoczenia wybuchowego



Układ wybuchowy



Wytłoczony element

TŁOCZENIE DENNIC

Widok Oddziału Tłoczenia Dennic



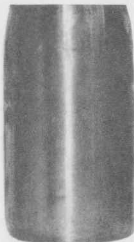
Tłocznia dennic



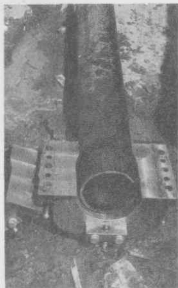
Dennica

WYBUCHOWE ROZPĘCZANIE RUR





Rura rozpęczona bez matrycy



Rura rozkielichowana w matrycy



Zestaw do zgrzewania końców rur

Widok stanowiska do wybuchowego platerowania metali

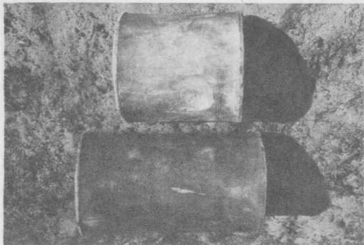
Kowadło prasy przygotowane do regeneracji metodą platerowania wybuchowego





Wybuchowe zgrzewanie metalu

Dwustronnie czołowe wybuchowe platerowanie elementu ze stali węglowej stalą nierdzewną o grubości 15 mm



ję się przeważnie pobudzanie punktowe lub obwodowe. Znane jest również pobudzanie ładunku kumulacyjnego o kształcie zbliżonym do cylindrycznego przez kolejne zespoły pobudzaczy, umieszczone w pewnych odstępach na obwodzie. W tym przypadku wymagane jest bardzo dokładne zsynchronizowanie wybuchów kolejnych zespołów pobudzaczy. Badania ładunków kumulacyjnych w próżni pozwoliły na uzyskanie prędkości strumieni kumulacyjnych rzędu *70 000—120 000* m/s. W ładunkach kumulacyjnych stosowane są przeważnie wkładki stożkowe, dla których w miarę zmniejszania kąta wierzchołkowego stożka rośnie głębokość krateru wybijanego w płycie przy jednoczesnym zmniejszaniu się jego średnicy wejściowej; praktycznie najmniejszy kąt wynosi 25°. Obudowa ładunków kumulacyjnych w pociskach przeciwpancernych jest ze stali lub staliwa. Zwiększenie jej masy wpływa dodatnio na zwiększenie głębokości przebicia. *Odległość ładunku kumulacyjnego* od płyty pancernej decyduje o czasie działania strumienia, a tym samym o wymiarach krateru drążonego w płycie przez strumień. Najlepsze wyniki uzyskuje się w przypadku, gdy odległość ładunku od płyty równa się ogniskowej ładunku (ognisko to miejsce największej koncentracji energii strumienia i najmniejszego jego przekroju poprzecznego). Wpływ materiału płyty na głębokość przebicia polega na bezwładnościowym przeciw*stawieniu się płyty rozpychającemu* działaniu strumienia kumulacyjnego. W stali twardej (pancernej) uzyskuje się mniejsze przebicie niż w stali miękkiej.

kumulacyjna wkładka, element metalowy, którym pokrywane jest kumulacyjne wydrążenie ładunku mat. wybuch., w celu zwiększenia kumulacyjnego oddziaływania na przegrodę. Ładunek kumulacyjny z wkładką papierową i metalową, jako pierwszy, opatentował E. Neuman w 1910 r.

kumulacyjne działanie wybuchu, zwiększenie działania ładunku w określonym kierunku przez odpowiednie ukształtowanie go. Wówczas po pobudzeniu występuje zjawisko nakładania się (skośnego zderzania się) fal ciśnienia z jednoczesnym silniejszym działaniem w określonym kierunku. W takiej sytuacji stosunkowo duża ilość energii kumuluje się na małej powierzchni, zwiększając działanie wybuchu. Klasycznym przykładem k.d.w. są ładunki kumulacyjne.

kumulacyjne wydrążenie, wgłębienie (cylindryczne, sferyczne itp.) w ładunku mat. wybuch., *wzmacniające* oddziaływanie jego na przegrodę (patrz kumulacja oraz kumulacyjne działanie wybuchu).

Kunckel von Löwenstern Johann, 1630—1703, niemiecki chemik, który jako pierwszy otrzymał piorunian rtęci, chociaż jego przygotowywanie i własności najpierwszy opisał Howard w 1800 r.

Kunstoffgebundene Sprengstoff-Mischungen, niemiecka nazwa plastycznego mat. wybuch. (patrz plastyk).

Kurnatowska Helena, ur. 1929 r., specjalistka w dziedzinie saletrzano-amonowych mat. wybuch. i dynamitów. Autorka opracowania nowej technologii produkcji mat. wybuch., 4 patentów.

Kurnatowski Zygmunt, ur. 1924 r., specjalista w dziedzinie chemii i technologii mat. wybuch. Autor 10 patentów, 10 nowych technologii i asortymentów środków strzałowych, 15 wzorów użytkowych. Wykładowca Politechniki Śląskiej w zakresie technologii przemysłowych mat. wybuch.

Kutkiewicz Wiesław, ur. 1932 r., doktorat na temat samoutleniania aldehydu octowego (do kwasu nadoctowego) w 1968 r. Specjalista w dziedzinie chemii i technologii mat. wybuch. i materiałów niebezpiecznych. Autor 32 publikacji, autor lub współautor ponad 20 patentów. W latach 1970—78 przedstawiciel Polski w obradach grupy ekspertów ds. przewozu materiałów niebezpiecznych.

Kuźniecow W. M., radziecki uczony, który wraz z E.N. Szwerem opracował (w XX w.) teorię ukierunkowa-

nego wybuchowego przesuwania mas ziemnych.

kwas azotowy, patrz azotowy kwas.

kwas pikrynowy, patrz pikrynowy kwas.

kwas styfninowy, patrz trójnitrorezorcyna.

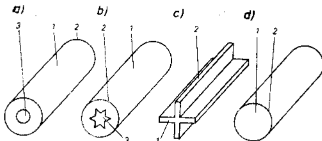
Kwiatkowski Bolesław, absolwent Politechniki Warszawskiej (1929?). W latach 1929—30 pracował w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*, kolejno w Laboratorium Instytutu Technicznego Uzbrojenia oraz w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym*, gdzie wraz z inż. J. Kielczewskim opracował nowe rodzaje spłonek. W połowie lat trzydziestych został kierownikiem oddziałów produkujących spłonki, lonty, zapalniki elektryczne i główki zapalcze, zaś od 1938 r. kierownikiem Laboratorium Badawczego i Kontrolnego w tejże fabryce.

kynarkite, karbonit angielski o składzie: 24—26% nitrogliceryny, 27—29% KNO_3, 2—4% $Ba(NO_3)_2$, 33,5—36,5% mączki drzewnej, 4—6% szczawianu amonu, 2—5,5% wilgoci.

L

Laflin and Rand Powder Company, firma amerykańska produkująca mat. wybuch., założona w 1869 r. w stanie Nowy York.

laska prochowa, element ładunku lub cały ładunek napędowy silnika rakietowego na stały materiał pędny wykonany z prochu rakietowego o odpowiedniej geometrii. Kształt i wymiary l.p. zależą od konstrukcji i przeznaczenia silnika rakietowego. Do najważniejszych charakterystyk l.p. należy: pole powierzchni (zwanej powierzchnią spalania), pole przekroju poprzecznego (zwane powierzchnią całkowitą), długość oraz geometria przekroju poprzecznego. Najczęściej stosuje się l.p. rurowe (w kształcie rury cylindrycznej) spalane na całej powierzchni lub tylko na obwodzie (powierzchni bocznej), tzw. ,,gwiazdy" (z przekrojem kanału wewnętrznego w kształcie gwiazdy wieloramiennej) spalane tylko na powierzchni kanału, ,,krzyże" i cylindryczne (walcowe) spalane tylko na powierzchni czołowej. Ze względów konstrukcyjnych wymaga się, aby pole palącej się powierzchni l.p. nie zmieniało się w czasie spalania. Osiąga się to za pomocą odpowiedniego doboru tzw. geometrycznej charakterystyki progresywności, określającej stosunek chwilowych wartości pola powierzchni spalania do początkowej wartości tej powierzchni w funkcji ilości spalonej l.p. Bardzo często niektóre powierzchnie są inhibitowane (zabezpieczone przed spalaniem za pomocą pokrycia warstwą niepalnego inhibitora). Inhibitowanie l.p. ma na celu głównie uzyskanie pożądanych zmian ciśnienia w ko-



Niektóre kształty lasek prochowych:
a) rura z inhibitowanymi powierzchniami czołowymi; b) gwiazda; c) krzyż; d) walec z czołową powierzchnią spalania; 1 — paliwo, 2 — inhibitor; 3 — kanał

morze spalania poprzez odpowiednie zaprogramowanie zmian powierzchni spalania w czasie pracy silnika.

Lebecki Kazimierz, ur. 1937 r., doktorat na temat teoretycznej analizy przebiegu wybuchu pyłu węglowego w typowych warunkach górniczych (1977). Specjalista w dziedzinie zwalczania zagrożeń pyłowych w górnictwie. Autor 34 publikacji naukowych, 7 patentów.

Leblon G., francuski eksperymentator, któremu w połowie XVIII w. udało się uzyskać miotający mat. wybuch. wytwarzający mało dymu i nie zawierający siarki.

Le Chatelier Henri Louis, 1850—1936, prof. chemii Szkoły Górniczej (1877—1919) i Uniwersytetu (1907—25) w Paryżu, członek czynny PAU (1925), członek honorowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego (1924). Prowadził prace badawcze nad dysocjacją wapieni, równowagami w reakcjach wybuchowych, krystalizacją metali i stopów (metalografia) oraz metodyką pomiaru wysokich temperatur.

Legocki Jan, ur. 1931 r., doktorat na temat syntezy i badań własności estrów azotanoalkilowych kwasów alfa, beta nienasyconych (1968). Specjalista w dziedzinie nitrozwiązków, mat. wybuch. oraz syntezy organicznej. Docent od 1971 r. Autor ponad 20 patentów, ok. 50 publikacji naukowych.

lej wybuchowy, zagłębienie (dół) w ziemi powstałe w wyniku wybuchu ładunku mat. wybuch. (pocisku, bomby). Objętość l.w. bywa orientacyjną miarą energii wybuchu.

Lence, niemiecki chemik i inżynier, który przeprowadził pierwszą syntezę heksogenu.

Lenk, kapitan armii austriackiej, który należycie ocenił doniosłość projektu Christiana Schönbeina i znaczenie bawełny strzelniczej jako mat. wybuch. Zdołał przekonać swój rząd do nabycia wynalazku Schönbeina. Sam poczynił pewne ulepszenia oraz zmiany w fabrykacji i przygotowaniu naboju, a także rozpoczął produkcję na skalę fabryczną, z zamiarem zastosowania bawełny strzelniczej do celów balistycznych. Przypuszczenia i obserwacje L. były słuszne, zastosowane przez niego zabiegi trafne, lecz niewystarczające. Działa, z których strzelano bawełną strzelniczą zaczęły pękać, granaty rozrywały się w lufie, wreszcie zdarzyło się kilka wybuchów magazynów nitrocelulozy. W 1863 r. zaniechano w Austrii dalszych prób i wyrobu bawełny strzelniczej. Przyczyną niepowodzeń L. była niestabilność bawełny strzelniczej.

lepiszcze, cementator, substancja wiążąca cząsteczki mieszaniny wybuchowej i nadająca jej zwiększoną wytrzymałość i sprężystość. W masach pirotechnicznych jako l. używane są najczęściej: szelak, iditol, żywiczan wapnia, pokost lniany, kalafonia oraz niektóre żywice.

Lewańska Kazimiera, ur. 1910 r., absolwentka Politechniki Warszawskiej ze specjalnością technologia mat. wybuch. (1937). Po studiach do wybuchu II wojny świat. była asystentem Stacji Doświadczalnej *Wytwórni Amunicji nr 2 w Rembertowie*. W latach 1943—44 w ramach pracy konspiracyjnej AK (pod pseudonimem „Biegaczowa") produkowała piorunian rtęci. Później pracowała w Instytucie Prze-



Lewańska Kazimiera

mysłu Chemicznego w Warszawie, w Instytucie Chemii Stosowanej na stanowisku kierownika Działu Materiałów Kruszących i Inicjujących, od 1951 r. w Wojskowej Akademii Technicznej, gdzie zorganizowała laboratorium mat. wybuch. W 1954 r. powołana została na stanowisko zastępcy profesora przez WAT i Politechnikę Warszawską. Obroniła pracę doktorską na temat nowych nitrowych pochodnych aniliny (1956), mianowana docentem Zakładu Materiałów Wybuchowych w WAT (1959). Jest autorem 27 oryginalnych publikacji naukowych, 46 opracowań naukowo-badawczych z dziedziny inicjujących mat. wybuch., mas pirotechnicznych, paliw rakietowych oraz mat. wybuch. kruszących. Opracowała silnie kruszący mat. wybuch. o nazwie tajwanit oraz plastyczne mat. wybuch. na bazie poliuretanów. Jest autorem 7 patentów. Prowadziła prace uzyskując pozytywne wyniki z najniebezpieczniejszym rodzajem mat. wybuch. jakim są mat. wybuch. inicjujące.

LF-IV dynamit, szwedzki mat. wybuch. o składzie: 45% nitrogliceryny, 1,6% nitrocelulozy, 2% mieszaniny nitrotoluenów, 48% saletry amonowej, 3,4% stałego materiału pędnego, o prędkości detonacji 6500 m/s przy gęstości 1,45 g/cm^3, cieple wybuchu 5200 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 836 l/kg.

LF 60 dynamit, szwedzki mat. wybuch. o składzie: 57% nitrogliceryny, 2,9% kwasu pikrynowego, 2% mieszaniny nitrotoluenów, 36% saletry amonowej, 2,1% stałego materiału pędnego, o prędkości detonacji 6600 m/s przy gęstości 1,45 g/cm^3, cieple wybuchu 5300 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 810 l/kg.

LH$_2$, skrót terminu liquid hydrogen, czyli ciekły wodór, stosowany w USA.

Lheure, współautor pierwszych lontów detonujących. Lont detonujący wg pomysłu L. przyrządzano z roztopionego trotylu w rurce ołowianej o średnicy zewnętrznej 6 mm, zaś wewnętrznej 4,5 mm. Prędkość detonacji wynosiła około 5000 m/s. Lont taki zapalał się od płomienia, zaś pobudzony spłonką detonował. 1 m bieżący ważył 120—150 g.

ligamita 1; 2; 3, handlowa nazwa nitroglicerynowych mat. wybuch., stosowana w Hiszpanii.

„Lignoza" Spółka Akcyjna, przedsiębiorstwo przeznaczone do obsługi przemysłu węglowego Górnego Śląska i Zagłębia Dąbrowskiego z siedzibą w Katowicach. Zostało ono utworzone przez polskie koncerny kopalń węgla, które wykupiły z rąk niemieckiej spółki akcyjnej „*Lignoze AG*" fabryki mat. wybuch. leżące po stronie polskiej, po podziale Górnego Śląska w 1922 r. Część kopalń węgla kamiennego (obrzeże północne) przypadła Rzeszy Niemieckiej. Z tego powodu „wytargowano" dla obsługi tych kopalń jeden zakład produkujący mat. wybuch. — w Krupskim Młynie. W okresie przed 1922 r. wszystkie zakłady poza fabryką w Łaziskach Górnych były własnością

LIGNOZA
SPÓŁKA AKCYJNA
GENERALNA DYREKCJA:
KATOWICE, DWORCOWA 13.
TEL.: 339.81.
FABRYKI: KRYWAŁD, POWIAT RYBNICKI
BIERUŃ STARY, POWIAT PSZCZYŃSKI
PNIOWIEC, POWIAT TARNOGÓRSKI.
Materjały wybuchowe, środki zapalcze, artykuły pirotechniczne.
Materjały plastyczne sztuczne na podstawie fenolu i formaliny oraz formy stalowe do prasowania tych materjałów.
Siarczan miedzi, chlorek miedziowy.
Papiery bezdrzewne i drzewne różnych gatunków.
Masa drzewna bielona i niebielona.

Reklamówka Sp. Akc. Lignoza

niemieckiej spółki akcyjnej *„Lingoza AG"*, będącej w ten sposób monopolistą w tej branży i dostarczającej wszystkie potrzebne środki zapalcze ze swej macierzystej fabryki w Schoenebeck pod Magdeburgiem. Udziałowcami polskiej *„Lignozy"* były prawie wszystkie koncerny węglowe działające w obu wspomnianych zagłębiach węglowych. Także rząd Rzeczypospolitej Polskiej był udziałowcem tej spółki z racji posiadania kopalń „Skarboferm". Naczelnym dyrektorem spółki był inż. górniczy Tomisław Morawski, poprzednio przez długie lata pracujący w zachodnioniemieckich kopalniach węgla. W latach 1935—39 dyrektorem technicznym był inż. Janusz Barcikowski. Siedziba Generalnej Dyrekcji spółki mieściła się w Katowicach przy ul. Dworcowej 13. Do spółki należały fabryki mat. wybuch. w Krywałdzie, Bieruniu Starym i Pniowcu. Pierwszym zadaniem spółki była polonizacja personelu nadzorczego w podległych zakładach. Realizowano to za pomocą Głównego Urzędu Górniczego i Inspekcji Pracy, które wykorzystując swe uprawnienia w stosunku do osób mających prawo wytwarzania mat. wybuch. górniczych z reguły *nie wydawały takich pozwoleń obywatelom* narodowości niemieckiej, względnie ograniczały terminy ważności umów kontraktacyjnych. W 1926 r. było zaledwie dwóch specjalistów w branży mat. wybuch. obcego pochodzenia, mianowicie dyrektorzy fabryk: w Bieruniu Starym baron von Loringhofen z Estonii oraz w Krywałdzie inż. Witte. W celu uniezależnienia się od dostaw środków zapalczych z fabryk położonych w Rzeszy zaprojektowano działalność inwestycyjną *i rozwojową. Z tych względów spółka* angażowała nowy personel, wyłącznie polski. Jednym z pierwszych polskich inżynierów był Tadeusz Błeszyński, kierownik oddziału produkcji nitrogliceryny i dynamitu w fabryce w Bieruniu Starym. W Krywałdzie został przyjęty na stanowisko zastępcy dyrektora dr inż. Jan Prot (1923—24), następnie inż. Stanisław Wierzbicki, który prowadził dział mat. wybuch. saletrzano-amonowych, a w 1925 r. objął stanowisko dyrektora fabryki. W miarę wprowadzania nowych inwestycji, głównie w Bieruniu Starym, oddziałów: lontu prochowego, spłonek piorunianowych i trotylowych, zapalników elektrycznych, zaangażowani zostali inż. Janusz Barcikowski (1924) na stanowisko dyrektora, inż. Stanisław Kościukiewicz (1926), inż. Jerzy Kiełczewski (1928) oraz inż. Tadeusz Kozłowski. W tym czasie w fabryce w Krywałdzie zostali zatrudnieni: inż. Kazimierz Hertyk jako kierownik produkcji oraz dr Jerzy Pochwalski jako kierownik Laboratorium Badawczego i Kontrolnego. W dalszych latach, w miarę rozwoju produkcji, do fabryki w Bieruniu Starym przyjęto inż. Bolesława Kwiatkowskiego, inż. Bronisława Zielińskiego, inż. Edwarda Jańczyka (1934), inż. Kazimierza Kutarbę, zaś do fabryki w Krywałdzie, inż. Mieczysława Grochowskiego, inż. Jeschke i innych. W tym okresie do Dyrekcji Generalnej weszli: inż. Stefan Sternik (naczelnik wydziału techn.) oraz mgr ekonomii Cyprian Zawadzki (szef działu sprzedaży, w tym i eksportu). W 1931 r. dyrektor generalny *„Lignozy" inż. Tomisław Morawski* przeszedł na stanowisko dyrektora generalnego Koncernu Kopalń Rybnickich. Jego miejsce zajął inż. górniczy Leopold Szefer; pełnił tę funkcję do wybuchu II wojny świat. W tym okresie nastąpiło całkowite uniezależnienie się od importu podzespołów do produkcji zapalników elektrycznych, jak również dalsza, owocna praca wspólnie z inż. J. Barcikowskim nad rozwojem branży. *„Lignoza"* weszła w skład dostawców wyrobów *dla Departamentu Uzbrojenia Mini*sterstwa Spraw Wojskowych. Początkowo kopalnie używały mat. wybuch. chloranowych i nadchloranowych, kilka zaś kopalń płynne powietrze; wkrótce jednak do kopalń gazowych wprowadzono mat. wybuch. saletrzano-amonowe powietrzne z zawartością 4% nitrogliceryny o nazwach lignozyty, bradyty, pionkity. Przyjęto za-

sadę, że w górnictwie można stosować mat. wybuch. dopuszczone do użytku przez Wyższy Urząd Górniczy na podstawie uprzedniego zbadania ich przez stację doświadczalną. Stacja ta początkowo znajdowała się w unieruchomionej wytwórni prochów górniczych w Pniowcu i była prowadzona przez Józefa Jurora. Z czasem przeniesiono ją do unieruchomionej kopalni węgla kamiennego „Barbara" pod Mikołowem. Dopuszczone przez WUG do użytku w górnictwie mat. wybuch. ogłaszano w Gazecie Urzędowej Województwa Śląskiego. Pierwszą inwestycją „*Lignozy*" była budowa nowoczesnej instalacji do produkcji nitrogliceryny (1924) w Bieruniu Starym. Była to instalacja rezerwowa, gdyż fabryka dostarczała ten półprodukt (mieszankę nitrogliceryny z mączką drzewną) do fabryki w Krupskim Młynie. W 1925 r. w tejże fabryce wybudowano oddział lontów prochowych, w 1926 oddział spłonek górniczych, w 1927 uruchomiono oddział zapalników elektrycznych opartych początkowo na podzespołach importowanych z Schoenebeck, a następnie na podzespołach własnych (po 1930), co było przyczyną nieporozumień pomiędzy niemiecką „*Lignoze AG*" i polską „*Lignozą*". W 1931 r. wybudowano niewielki oddział produkcji mączki drzewnej, wykorzystując własną metodę miażdżenia. W fabryce w Krywałdzie w latach 1924—30 także dokonano istotnej modernizacji produkcji mat. wybuch. pod względem asortymentu jak i wielkości produkcji. Specjalnością fabryki był proch lontowy do celów uzbrojenia oraz do produkcji prochu myśliwskiego. Zakład w Pniowcu był długo nieczynny. Wreszcie postanowiono wykorzystać istniejące budynki do produkcji półszlachetnych papierów piśmiennych. Dyrektorem został inż. Jabłoński, zaś szefem produkcji inż. Lucjan Garbacz. Z inwestycji pozabranżowych należy wymienić podjęcie z inicjatywy dr. inż. J. Pochwalskiego badań nad wytwarzaniem mas bakelitowych, biorąc przykład z wytwórni mat. wybuch. w Treisdorf (Nadrenia), a następnie innych żywic syntetycznych i lakierów. Udane partie wyrobów rokowały pomyślny rozwój tej produkcji. W zakresie informacji naukowo-technicznej już w końcu drugiej połowy lat dwudziestych zorganizowano branżową bibliotekę w fabryce w Bieruniu Starym, którą prowadził inż. Stefan Jasiński, gromadząc pozycje przede wszystkim z literatury zagranicznej. W miarę napływu materiałów odbywały się zebrania dyskusyjne. W 1935 r. bibliotekę przeniesiono do Dyrekcji Generalnej w Katowicach.

lignoxyty, saletrzano-amonowe mat. wybuch. produkowane przez *Lignozę Sp. Akc.* Przykładowo prędkość l.X wynosiła 2050 m/s.

linia wybuchu, prosta łącząca wylot lufy lub wyrzutni z punktem, w którym nastąpił wybuch pocisku.

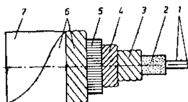
linters, nazwa bawełny o krótkim włóknie (10—20 mm).

LNG, patrz gaz ziemny skroplony.

lont: 1) odpowiednio przygotowany sznur konopny, który służył do zapalania prochu na panewce dawnej odprzodowej broni palnej. Przygotowanie l. polegało na gotowaniu sznura konopnego w ciągu 2—3 dni w mieszaninie popiołu, saletry, niegaszonego wapna oraz nawozu końskiego, a następnie dobrym wysuszeniu na słońcu. Rozróżniano l. muszkieterski i artyleryjski; 2) przewód zawierający rdzeń z mat. wybuch. stosowany do przenoszenia reakcji przemiany wybuchowej na wymaganą odległość. Rozróżnia się l. detonujący, wolnopalny, zwany również prochowym, oraz wolnotlący zwany knotem. Obecnie l. używa się do pobudzania spłonek.

lont detonujący, wybuchowy, środek detonujący stosowany do szybkiego przenoszenia detonacji na odległość, w celu jednoczesnego pobudzania ładunków kruszących, położonych w różnych odległościach od siebie. Składa się z rdzenia wybuchowego w otoczce z oplotów nici bawełnianych, lnianych, jutowych, a także z zewnętrznej warstwy impregnacyjnej, najczęściej z polichlorku winylu. Rdzeń

l.d. stanowił dawniej piorunian rtęci, często w mieszaninie z tetrylem; obecnie głównie pentryt w postaci krystalicznej, granulowanej lub w mieszaninie z azotanem ołowiu (90—87% pentrytu, 10—13% azotanu ołowiu), rzadziej heksogen. Prędkość detonacji l.d. tetrylowego wynosi 5000—5300 m/s, pentrytowego ponad 6500 m/s. Na 1 m bieżący l.d. przypada 5—35 g mat. wybuch. Pobudzany jest spłonką detonującą lub zapalnikiem elektrycznym. W użyciu są l.d.: wodoszczelne z owiniętym rdzeniem i oplotem pokrytym powłoką z wodoszczelnej masy plastycznej, wytrzymujące ciśnienie wody do 50 kG/cm²; wodoszczelne ciśnieniowe, wytrzymujące ciśnienie wody do 350 kG/cm²; metalowe, mające płaszcze z miękkiego metalu, zazwyczaj ołowiu. Lonty wodoszczelne i wodoszczelne ciśnieniowe detonują niemal z identyczną prędkością 6020 i 6050 m/s. W przypadku potrzeby odpalania jednocześnie większej ilości ładunków łączy się je za pomocą l.d., którego odcinki wsuwa się do obu sąsiednich ładunków.



Lont detonujący:
1 — nici jutowe, 2 — rdzeń z mat. wybuch., 3, 4, 5 — oploty z nici, 6 — warstwa impregnacyjna, 7 — osłona z tworzywa sztucznego

lont detonujący ciśnieniowy, lont detonujący wodoszczelny, którego powłoka jest wytrzymała na ciśnienie.

lont detonujący metalowy, lont, którego powłoka wykonana jest z rurek z miękkiego metalu.

lont detonujący wodoszczelny, lont, którego owinięcie rdzenia i oploty są pokryte wodoszczelną powłoką z masy plastycznej.

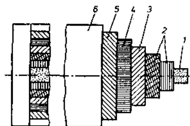
lont DSz34, lont radziecki, którego rdzeń jest mieszaniną piorunianu rtęci (25—28%) i tetrylu (71—75%) z dodatkiem żelatyny jako środka klejącego i flegmatyzującego materiał rdzenia. Oplot wykonany jest z tasiemki bawełnianej i nici bawełnianych, impregnowanych parafiną.

lontowa sieć strzałowa, zespół odcinków lontu detonującego, łączących ładunki mat. wybuch. z punktem pobudzenia.

lont prochowy, patrz lont wolnopalny.

lont wolnopalny (prochowy), lont stosowany do pobudzania spłonki zapalającej lub spłonki detonującej. Składa się z otoczki i rdzenia, który wykonany jest z drobnych ziaren prochu czarnego. Fabryki produkują l.w. w odcinkach o długości 10—50 m. Średnica zewnętrzna l.w. powinna wynosić 5—6 mm. W rdzeniu l.w. musi mieć nitkę rozpoznawczą o barwie ustalonej dla każdej wytwórni. L.w. zapalany jest płomieniem i powinien palić się z prędkością 1,1—1,3 cm/s. Palenie się na powietrzu powinno przebiegać równomiernie, bez gaśnięcia i żarzenia oplotu zewnętrznego. Normalnie l.w. pod „przybitką" spala się szybciej niż w powietrzu, ponieważ odpływ produktów spalania jest wtedy utrudniony i powoduje wzrost ciśnienia gazów za czołem płomienia. Z tych samych powodów również pod wodą pali się szybciej i to zależnie od odległości od zwierciadła wody. W zależności od rodzaju otoczki i jej przeznaczenia rozróżnia się l.w.: biały (do strzelań w miejscach suchych), asfaltowy lub czarny (do strzelań w miejscach wilgotnych) oraz gutaperkowy lub czerwony (do strzelań podwodnych). Ostatnio produkuje się również otoczki z tworzyw sztucznych. Przepisy wymagają, aby przy liczbie otworów 1 do 3 długość każdego odcinka lontu była nie mniejsza niż 1,5 m, a przy większej liczbie otworów nie mniejsza niż 2 m. Są to długości minimalne. Dla ułatwienia szybszego zapalenia i pewności zapłonu spłonki, lont od strony spłonki

powinien być ucięty prostopadle do jego osi, a od strony przeznaczonej do zapalenia — ukośnie. L.w. obecnie praktycznie nie są stosowane w górnictwie podziemnym, gdyż zostały zastąpione przez znacznie lepsze strzelanie elektryczne. L.w. nazywano do niedawna sznurem Bickforda.



Lont wolnopalny:
1 — proch, 2 — podwójny oplot jutowy lub lniany, 3 — smoła, 4 — oplot bawełniany, 5 — farba klejowa, 6 — talk

lont wolnotlący, knot, pęczek splecionych lnianych lub konopnych nici przesyconych 5% roztworem octanu lub azotanu ołowiu. Stosuje się go przede wszystkim do zapalania lontu wolnopalnego w celu zwiększenia odstępu czasu pomiędzy momentem zapalenia a momentem pobudzenia ładunku. Prędkość palenia się l.w. wynosi 0,5—1,0 cm/min.

lont wybuchowy, patrz lont detonujący.

LOX, angielski skrót terminu „liquid oxygen", czyli ciekły tlen.

Ludholm, chemik, który wraz z Sayersem opracował metodę wytwarzania balistytu.

Luściński Marian, ur. 1929 r., specjalista w dziedzinie związków azotowych, technologii mat. wybuch. Autor 7 patentów, kilku opracowań technologicznych (dynamity, mat. wybuch. saletrzano-amonowe).

LX-04, mat. wybuch. o składzie chemicznym 85% oktogenu i 15% vitonu, detonujący z prędkością 8470 m/s przy gęstości 1,86 g/cm^3.

LX-07, mat. wybuch. o składzie chemicznym 90% oktogenu i 10% vitonu, detonujący z prędkością 8650 m/s przy gęstości 1,86 g/cm^3.

LX-10, mat. wybuch., o składzie 95% oktogenu i 5% vitonu, detonujący z prędkością 8820 m/s przy gęstości 1,86 g/cm^3.

LX-11, mat. wybuch. o składzie 80% oktogenu i 20% vitonu, detonujący z prędkością 8320 m/s przy gęstości 1,86 g/cm^3.

LX-14, mat. wybuch. o składzie 95% oktogenu i 5% estane, detonujący z prędkością 8760 m/s przy gęstości 1,81 g/cm^3.

lyddit, patrz kwas pikrynowy.

Ł

ładowanie otworu strzałowego, czynność wykonywana podczas prac strzałowych w następującej kolejności: po wywierceniu otworu strzałowego należy oczyścić go. Następnie do samego dna otworu wprowadza się nabijak drewniany, zaznaczając na nim głębokość otworu. Z kolei do otworu należy wprowadzić potrzebną ilość mat. wybuch. kontrolując każdorazowo, czy dany ładunek został wprowadzony do końca. Ładunki ustawia się tak, aby przylegały do siebie końcami. Teraz wprowadza się ładunek zaopatrzony w zapalnik elektryczny. Stosuje się także inną kolejność, wg której ładunek z zapalnikiem wprowadza się najpierw. Kierunek pobudzenia całości ładunku mat. wybuch. ważny jest ze względu na bezpieczeństwo wobec metanu i pyłu węglowego, a także efekt strzału. Po wprowadzeniu ładunku mat. wybuch. do otworu strzałowego kolejno zapełnia się go tzw. przybitką strzałową.

ładunek, w technice uzbrojenia określona ilość mat. wybuch. lub innej substancji, wypełniającej część bojową pocisku (skorupę, głowicę bojową), komorę ładowania broni palnej lufowej (łuskę) lub komorę spalania silnika rakietowego na paliwo stałe. Zależnie od przeznaczenia ł. dzieli się na bojowe, napędowe (miotające), pomocnicze i zastępcze. Do ł. bojowych zalicza się różne mat. wybuch. i inne substancje wchodzące w skład części bojowych pocisków, przeznaczonych do niszczenia określonych celów lub spełnienia innych zadań. Ł. napędowe to ł. prochowe i ł. stałych paliw rakietowych, stanowiące chemiczne źródła energii do napędu (miotania) pocisków w broni palnej lufowej i pociskach rakietowych z silnikami na paliwo stałe. Pierwsze z nich nazywane są ł. miotającymi. Ł. napędowe silników rakietowych na paliwo stałe dzielą się na jednolaskowe (monolityczne) i wielolaskowe. Do ł. pomocniczych zalicza się m.in. elementy pocisków, które powodują (inicjują) działanie lub zwiększają efekty działania ł. zasadniczego albo spełniają inne drugorzędne funkcje (np. ł. pobudzające, podsypki prochowe, ł. wyrzucające itd). Ł. zastępczymi nazywane są imitacje ł. bojowych lub napędowych, stosowane np. w amunicji szkolnej.

ładunek bojowy, określona ilość mat. wybuch. lub innych substancji stanowiących wypełnienie skorupy części bojowej pocisku (bomby, torpedy, granatu itd.), zapewniających spełnienie określonego zadania przez pocisk (rażenie siły żywej, niszczenie sprzętu, burzenie umocnień, zapalanie, zakażenie itd.). Najogólniej, współczesne ł.b. dzielą się na konwencjonalne i niekonwencjonalne. Podstawową grupę ł.b. konwencjonalnych stanowią ładunki mat. wybuch., zwłaszcza kruszące, burzące i kumulacyjne. Do ł.b. konwencjonalnych zaliczane są również ładunki chemiczne (zapalające, dymne, oświetlające itd.) i inne, np. sygnalizacyjne, propagandowe. Do ł.b. niekonwencjonalnych zalicza się ładunki jądrowe, toksyczne i bakteriologiczne. Stanowią one podstawowe elementy

broni masowego rażenia. Od wielkości (energii potencjalnej) ł.b. zależy skuteczność działania broni (pocisku) na cel. Wybór odpowiedniej ilości i rodzaju ł.b. jest z reguły podstawą konstrukcji amunicji i broni.

ładunek degresywny, ładunek napędowy (miotający) składający się z ziarn (lub jednego ziarna) prochowych o takim kształcie, który zapewnia zmniejszanie pola palącej się powierzchni ładunku w czasie jego spalania. Przykładem takiego ładunku mogą być ziarna w kształcie kuli, cylindra (pełnego) itp.

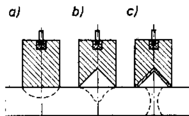
ładunek jądrowy, określona ilość (masa) substancji wraz z całym zespołem urządzeń i innych materiałów zapewniających niekontrolowany przebieg reakcji jądrowych w tym materiale. Ze względu na rodzaj wykorzystywanej reakcji jądrowej ł.j. można podzielić na trzy podstawowe rodzaje: jednofazowe, dwufazowe i trójfazowe. Ł.j. mogą być umieszczane w bombach lotniczych, pociskach artyleryjskich, samolotach-pociskach, rakietach, torpedach lub wykorzystywane jako miny. Torpedy, miny i pociski mogą zawierać tylko ładunki jednofazowe. W związku z tym używa się nazw: torpeda atomowa, mina atomowa, pocisk atomowy. Podobnie też bomba lotnicza zawierająca tylko ładunek jednofazowy nazywana jest często bombą atomową (bomba A), natomiast bomba zawierająca ładunek dwufazowy — bombą wodorową (bomba H).

ładunek jednolaskowy, inaczej ładunek monolityczny.

ładunek kierunkowy, patrz ładunek kumulacyjny.

ładunek kontaktowy, ładunek mat. wybuch. bezpośrednio przylegający do przegrody, na którą oddziałuje (lub ma oddziaływać).

ładunek kumulacyjny, ładunek mat. wybuch. z wgłębieniem w kształcie stożka, półkuli lub ich kombinacji. Ładunek taki ma bardzo dużą zdolność przebijania pancerzy. Wewnątrz wgłębienia umieszczana jest zwykle wkładka metalowa, która zwiększa efekt przebicia. Ł.k. były powszechnie

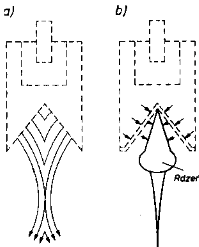


Przebijające działanie ładunku:
a) zwykłego, b) kumulacyjnego bez wkładki metalowej, c) kumulacyjnego z wkładką metalową

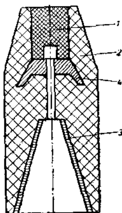
stosowane w amunicji i minach przeciwpancernych w czasie II wojny świat. Obecnie opracowano tzw. wydłużone ł.k., które z powodzeniem stosuje się do cięcia liniowego poszycia jednostek pływających, blach, rur itp.

ładunek kumulatywny, niepoprawna nazwa ładunku kumulacyjnego.

ładunek lontowy, ładunek wykonany z lontu detonującego; jego wielkość regulowana jest ilością użytego lontu. Ostatnio prowadzi się próby strzelania ł.l. w badaniach sejsmicz-



Schemat powstawania strumienia kumulacyjnego w ładunku:
a) bez wkładki, b) z wkładką kumulacyjną

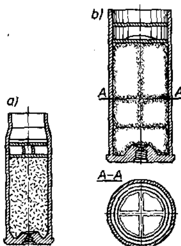


Schemat budowy ładunku kumulacyjnego: 1 — pobudzacz, 2 — materiał kruszący, 3 — wkładka kumulacyjna, 4 — soczewka kumulacyjna

nych zamiast tradycyjnie stosowanych ładunków dynamitowych.

ładunek materiału wybuchowego, określona ilość mat. wybuch. przygotowanego do odpalenia; może mieć postać znormalizowanych kostek (amunicja saperska). Ze względu na kształt rozróżnia się ładunki skupione (zbliżone kształtem do kuli lub sześcianu) i ładunki wydłużone (zbliżone kształtem do cylindra lub prostopadłościanu); ze względu na efekt odpalenia: wyrzucające — powodują wyrzucenie środowiska na zewnątrz i utworzenie leja, wypierające, czyli spulchniające — powodują kruszenie skały i spulchnienie środowiska bez wyrzucenia go na zewnątrz; głuche — powodują powstanie wewnątrz gruntu, w miejscu usytuowania ładunku, wolnej sferycznej przestrzeni, zwanej komorą ciśnień; efekt odpalenia ładunku w gruncie zależy od masy i głębokości umieszczenia go.

ładunek miotający, prochowy, ściśle określona ilość prochu umieszczonego w łusce lub woreczkach z tkaniny w celu oddania jednego strzału z broni palnej. Stanowi integralną część naboju. Ziarna prochowe ł.m. muszą mieć odpowiednią geometrię (kształt i wymiar). Dobranie ł.m. stanowi jedno z głównych zadań teoretycznej i doświadczalnej balistyki wewnętrznej. Od tego zależy ciśnienie w przewodzie lufy i prędkość początkowa pocisku. Oprócz prochu, stanowiącego zasadniczy składnik, ł.m. może zawierać również dodatki innych substancji chemicznych, np. podsypkę prochową (ułatwiającą zapłon), przyćmiewacz płomienia, odmiedzacz, flegmatyzator itd. Ł.m. mogą być stałe lub zmienne; stałe stosowane są w nabojach zespolonych, zaś zmienne w nabojach rozdzielonego ładowania. Ładunek zmienny składa się z ładunku



Ładunek miotający: a) w łusce do naboju zespolonego, b) w łusce do naboju składanego

podstawowego i kompletu ładunków dodatkowych o różnej masie, umieszczonych w odpowiednio oznakowanych woreczkach. Masę ł.m. zmiennego dobiera się przed załadowaniem broni, odpowiednio do odległości strzelania; przy strzelaniu na duże odległości stosuje się ładunki pełne, a na mniejsze ładunki zmniejszone.

ładunek monolityczny, jednolaskowy ładunek napędowy silnika rakieto-

wego na paliwo stałe. Pozwala uzyskać stosunkowo duże wypełnienie komory *spalania* **paliwem**, *zwartość konstrukcji* silnika oraz dogodne warunki jego pracy.

ładunek pobudzający, inaczej detonator.

ładunek prochowy, inaczej ładunek miotający.

ładunek progresywny, ładunek napędowy (miotający) składający się z ziaren prochowych o takim kształcie, że pole palącej się powierzchni ładunku rośnie w czasie jego spalania. Np. rura spalająca się tylko na wewnętrznej powierzchni, ziarno prochowe z kilkoma kanałami itp. Stosowanie takich ładunków w silnikach rakietowych powoduje wzrost ciśnienia gazów prochowych w komorze spalania podczas pracy.

ładunek udarowy, patrz detonator.

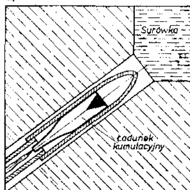
ładunek uderzeniowy, patrz detonator.

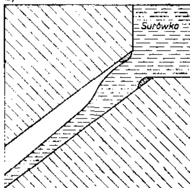
ładunek użyteczny rakietowy, ładunek przeznaczony do przenoszenia przez rakietę na wymaganą odległość i wysokość. W pociskach rakietowych ł.u. jest ładunek bojowy, w rakietach — aparatura badawcza, sztuczny satelita, statek kosmiczny itp.

ładunek wielolaskowy, ładunek napędowy silnika rakietowego na paliwo stałe, składający się z większej liczby lasek. Charakterystyczną cechą ł.w. jest stosunkowo duże pole powierzchni spalania i mała grubość warstwy palnej, co umożliwia uzyskanie dużej siły ciągu silnika.

ładunek wybuchowy: 1) kruszący mat. wybuch. znajdujący się w granatach, pociskach, minach itp. lub w postaci np. kostek, przeznaczony do niszczenia obiektów i wojsk nieprzyjaciela; 2) ogół mat. wybuch., które transportuje się w odpowiednim opakowaniu pod nadzorem konwojenta, przy zachowaniu specjalnych środków ostrożności i po odpowiednim zabezpieczeniu. Pojazdy transportujące ł.w. zaopatruje się w znaki ostrzegawcze i sprzęt przeciwpożarowy

ładunek wydłużony, mat. wybuch. w kształcie węża o średnicy kilku *do kilkunastu centymetrów i długości* kilkudziesięciu metrów, przeznaczony do niszczenia zapór minowych. Składa się z połączonych szeregowo segmentów w elastycznej obudowie lub wykonany jest w całości z elastycznego mat. wybuch. Do przenoszenia ł.w. na pole minowe służą silniki rakietowe (głównie na paliwo stałe), śmigłowce, czołgi, systemy wielokrążków i lin.





Schemat wybuchowego wykonywania otworu dla spustu surówki z pieca:
a) przed strzałem, b) po strzale

ładunek zmienny, prochowy ładunek miotający stosowany w nabojach artyleryjskich rozdzielnego ładowania. Składa się z ładunku podstawowego i kompletu ładunków dodatkowych o różnej masie.

ładunki kumulacyjne w hutnictwie, ładunki stosowane do spustu surówki z wielkiego pieca oraz do przebijania otworów spustowych w innych piecach metalurgicznych. Muszą one odpowiadać jednak specjalnym wymaganiom w zakresie bezpieczeństwa działania i obsługi. Powinny być odporne na działanie wysokich temperatur. W szczególnych przypadkach ładunek powinien spalić się, ale nie zdetonować.

Łuczak Edward, ur. 1904 r., absolwent Politechniki Lwowskiej (1927 r.), w latach 1928—30 był asystentem na Wydziale Chemii Politechniki Lwowskiej. Od 1930 r. pracował w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* na stanowisku zastępcy kierownika Fabryki Nitrogliceryny i Materiałów Kruszących, aż do wybuchu II wojny świat.

M

MABT, włoska mieszanina trotylu, kwasu pikrynowego i dwunitrofenolu.

macarite, belgijski mat. wybuch.

Maciejewski Mirosław, ur. 1933, absolwent Wojskowej Akademii Technicznej ze specjalnością mat. wybuch. (1958), doktorat na temat badań efektów radiacyjnych w elektrochemii (1972). Specjalista w dziedzinie technologii mat. wybuch. i radiochemii. Wykładowca Wojskowej Akademii Technicznej. Autor lub współautor 5 patentów, 15 publikacji naukowych, kilku opracowań specjalistycznych, członek zespołu, który rozwinął w kraju i wprowadził do przemysłu zawiesinowe mat. wybuch.

magistrala elektrycznego odpalania, patrz obwody strzałowe.

MAN, $CH_3N_2O_4$, mat. wybuch. o gęstości 1,422 g/cm^3, cieple wybuchu 862 kcal/kg, objętości gazów wybuchowych 1189 l/kg, energii właściwej 980 kJ/kg.

Manufacture des Armes, francuskie zakłady zbrojeniowe w Saint-Etienne.

Maranda Andrzej, ur. 1945 r., doktorat na temat zawiesinowych mat. wybuch. (1977), specjalista w dziedzinie zastosowań mat. wybuch. w przemyśle oraz mat. wybuch. aluminizowanych. Autor 30 publikacji, współautor 7 patentów.

martinite, handlowa nazwa francuskiego żelatynowego mat. wybuch.

masa do ogni sygnałowych, masa pirotechniczna stosowana do napeł-

Skład mas do ogni sygnałowych

Składniki mas	Kolor ognia i skład procentowy					
	czerwony	czerwony	zielony	żółty	żółty	biały
Chloran potasu	60	—	—	—	60	—
Azotan strontu	—	57	—	—	—	—
Węglan strontu	25	—	—	—	—	—
Azotan potasu	—	—	—	37	—	11
Azotan baru	—	—	59	—	—	56
Szczawian sodu	—	—	—	30	25	—
Fluorek boru	—	—	—	—	—	6
Magnez	—	23	19	30	—	—
Aluminium	—	—	—	—	—	19
Iditol	12	—	—	3	15	—
Parafina	3	—	—	—	—	—
Polichlorek winylu	—	20	22	—	—	—
Siarka	—	—	—	—	—	8

niania amunicji sygnałowej (nabojów sygnałowych kal. 26 mm, granatów sygnałowych, karabinowych pocisków sygnałowych) i wytwarzania barwnych ogni. Najczęściej stosowane są masy dające ognie sygnałowe o barwie czerwonej, żółtej, zielonej i białej. Składnikami ich są utleniacze, substancje palne, lepiszcza i sole barwiące płomień. Ognie sygnałowe wykorzystywane są jako środki łączności wizualnej zarówno w nocy jak i w dzień.

masa fotobłyskowa, masa pirotechniczna służąca do wytwarzania krótkotrwałych impulsów świetlnych niezbędnych przy wykonywaniu zdjęć fotograficznych (naziemnych i lotniczych) w nocy, a także do pozorowania wybuchów atomowych, wybuchów pocisków itp. M.f. powinna zapewnić minimalny czas trwania i maksymalną jaskrawość błysku, dawać światło o składzie widmowym dostosowanym do czułości widmowej błony fotograficznej. W odróżnieniu od innych mas pirotechnicznych m.f. stosuje się zawsze w postaci luźno nasypanej sproszkowanej mieszaniny, składającej się z utleniaczy typu chloranu potasowego, azotanu baru i sproszkowanego magnezu, aluminium lub ich stopów, a niekiedy cyrkonu i tytanu.

masa krytyczna, najmniejsza ilość materiału rozszczepialnego, w której może przebiegać samoczynnie łańcuchowa reakcja rozszczepienia jąder atomowych. Zależy ona głównie od rodzaju i gęstości materiału rozszczepialnego, jego kształtu geometrycznego, obecności lub braku reflektora neutronów oraz rodzaju materiału wykorzystanego jako reflektor neutronów. Najmniejszą wartość m.k. otrzymuje się dla kulistej bryły materiału rozszczepialnego. W przypadku materiałów stosowanych w broni jądrowej m.k. kulistej bryły, zawierającej tylko ściśle określony izotop o normalnej gęstości i pozbawionej reflektora neutronów, wynosi ok. 45 kg dla ^{235}U, ok. 15 kg dla ^{233}U oraz ok. 10 kg dla ^{239}Pu. Przez zastosowanie odpowiedniego reflektora neutronów m.k. można zmniejszyć 2—3-krotnie. Podobnie zwiększenie gęstości materiału rozszczepialnego powoduje odpowiednie zmniejszenie m.k.

masa niekorodująca, masa sinoxyd, substancja zapalająca do nabojowych spłonek zapalających karabinowych i pistoletowych, w której zastąpiono tradycyjnie stosowane: piorunian rtęci, chloran potasowy, a także częściowo trójsiarczek antymonu (jako czynniki powodujące podczas rozkładu wybuchowego korozję i szybkie zużycie lufy), składnikami niekorodującymi, np. trójnitrorezorcynianem ołowiu, tetrazenem, azotanem baru, dwutlenkiem ołowiu, krzemkiem wapnia i innymi.

masa oświetlająca, masa pirotechniczna używana w środkach oświetlających. Składa się z substancji palnej, utleniacza oraz lepiszcza, które odgrywa także rolę flegmatyzatora. Substancją palną w m.o. jest magnez, aluminium lub ich stopy; utleniaczem najczęściej azotan sodu lub baru; lepiszczem iditol, pokost, szelak i inne. M.o. paląc się daje światło zbliżone do białego.

masa pirotechniczna, mieszanina palna, dająca w wyniku reakcji spalania efekty cieplne, świetlne, dymne, zapalające, dźwiękowe i odrzutowe, wykorzystywane w technice wojskowej i cywilnej. W zależności od charakteru reakcji chemicznej m.p. dzieli się na: 1) płomieniowe, do których należą masy oświetlające, fotobłyskowe, smugowe, sygnałowe nocne (ognie sygnałowe), niektóre masy zapalające oraz masy wytwarzające promieniowanie w podczerwieni; 2) cieplne, obejmujące masy termitowo-zapalające oraz małogazowe i bezgazowe, stosowane w zapalnikach czasowych; 3) dymne, stosowane do maskowania (dym biały i czarny) i sygnalizacji (dymy kolorowe); 4) stałe paliwa rakietowe typu pirotechnicznego. Podstawowymi składnikami większości m.p. są utleniacze i substancje palne w postaci mieszanin mechanicznych; tylko w nielicznych masach wykorzystuje się do palenia tlen z powietrza. W m.p. płomiennych i termitowych jako substancje palne stosuje się magnez, aluminium, ich

stopy i mieszaniny, zaś w dymnych — głównie związki organiczne. Azotany i nadchlorany stanowią główne utleniacze w m.p. płomiennych, tlenki metali — w mieszaninach dymnych. Ponadto, do składu m.p. wprowadza się dodatki, np. sole nadające barwę płomieniowi (sole baru — barwę zieloną, strontu — czerwoną, sodu — żółtą, miedzi — niebieską), barwniki organiczne do dymów kolorowych, lepiszcze (szelak, kalafonia, guma arabska, żywice syntetyczne) w celu ułatwienia prasowania i nadawania masie wymaganych własności mechanicznych, stabilizatory i flegmatyzatory do uzyskania bezpieczeństwa podczas produkcji i przechowywania. Efekt pirotechniczny, w tym prędkość palenia m.p., zależy od technologii przygotowania — stopnia rozdrobnienia składników masy, ich czystości, dokładności wymieszania, a także od gęstości zaprasowania. Zapalenie m.p. odbywa się za pomocą mas podpałowych, prochu czarnego, stopiny lub lontu prochowego. Większość m.p., zwłaszcza zawierających chlorany i nadchlorany, ma własności wybuchowe. Stosuje się je w technice wojskowej do elaboracji pocisków, rakiet, bomb, naboi sygnałowych, środków pozorujących (petardy) i szkoleniowych. W gospodarce narodowej znajdują zastosowanie w termitach do spawania (np. szyn), w wyrobach sygnałowych używanych w komunikacji lotniczej, morskiej, kolejowej, do celów widowiskowych (sztuczne ognie). M.p. znano już w starożytności. Zastosowanie w XVIII w. chloranu potasowego oraz późniejsze osiągnięcia w dziedzinie technologii chemicznej znacznie przyspieszyły ich rozwój.

Ogólne własności mas pirotechnicznych

Rodzaj masy pirotechnicznej	Ciepło spalania	Temperatura spalania	Prędkość palenia się w stanie zaprasowanym pod ciśnieniem normalnym
	kJ/kg	°C	mm/s
Oświetlające i smugowe	6285—8380	2500—3000	1—10
Termitowo-zapalające	3500—5300	2000—3000	2—4
Sygnałowe (bez składników metalowych)	2500—5030	1200—2000	2—4
Dymne (maskujące)	1250—2090	400—600	0,5—2

masa podpałowa, masa pirotechniczna używana do zapalania zasadniczej masy pirotechnicznej (oświetlającej, dymnej i in.). Zadaniem jej jest ogrzanie części masy zasadniczej do temperatury zapłonu.

masa zapalająca, związki chemiczne lub ich mieszaniny, których działanie bojowe polega na wykorzystaniu wysokiej temperatury powstającej podczas spalania. Na podstawie własności chemicznych można je podzielić na m.z. z utleniaczami i bez utleniaczy. Do m.z. z utleniaczami zalicza się termity oraz masy, w których jako utleniacze stosuje się sole o dużej zawartości tlenu, np. azotany i nadchlorany. Ich skład może być następujący: 1) azotan potasu — 65%, aluminium — 26%, węgiel drzewny — 9%; 2) nadchloran potasu — 66%, aluminium 34%; 3) nadchloran potasu — 50%, magnez — 50%. Do specjalnych m.z. można również zaliczyć mieszaniny mat. wybuch. z proszkiem aluminiowym lub magnezowym (np. mieszanina stosowana przez Niemców podczas II wojny świat. zawierała 76% heksogenu, 20% aluminium, 4% flegmatyzatora). M.z. zawierające utleniacz zapala się za pomocą specjalnych mas podpałowych lub impulsem wybuchowym, wywołanym przez wchodzący w skład m.z.

mat. wybuch. Do m.z. nie zawierających utleniaczy należą: fosfor i jego związki, elektron i produkty naftowe (mieszanka zapalająca, napalm). M.z. tego typu mogą spalać się tylko przy dopływie tlenu z powietrza; zapalają się samoczynnie przy bezpośrednim zetknięciu z tlenem zawartym w powietrzu albo przez zastosowanie specjalnego środka zapłonowego.

MAT, mieszanina trotylu i kwasu pikrynowego (Francja, Włochy).

matagnite, handlowa nazwa belgijskiego mat. wybuch.

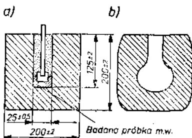
materac, inaczej płyta detonacyjna.

materiałów wybuchowych przewóz, transport mat. wybuch. drogami publicznymi lub wewnątrzzakładowymi. Określany jest odpowiednimi przepisami krajowymi lub wewnątrzzakładowymi. Rozporządzenie krajowe dopuszcza przewożenie mat. wybuch. jedynie samochodami ciężarowymi, ciągnikami z naczepami, samochodami osobowymi lub czterokołowymi pojazdami zaprzęgowymi. Do przewozu samochodami osobowymi dopuszcza się tzw. małe ilości środków strzałowych, tzn. do 20 kg zapalników elektrycznych i do 80 kg mat. wybuch. mało wrażliwych na uderzenie. Do 15 kg mat. wybuch. oraz stosunkowo małą ilość zapalników elektrycznych wolno przenosić na odległości nie przekraczające 5 km, przy czym zapalników i mat. wybuch. nie może jednocześnie nieść ta sama osoba.

materiałów wybuchowych składowanie, według rozporządzenia ministra przemysłu ciężkiego składy mat. wybuch. podzielone są na 7 klas w zależności od pojemności. Rozróżnia się składy: przenośne, podręczne i stałe. Budowa stałych składów mat. wybuch. jest dozwolona tylko pod warunkiem zachowania minimalnych odległości bezpiecznych między składami a obiektami podlegającymi ochronie. Są to budynki murowane o grubości ścianek zewnętrznych co najmniej 38 cm i dachu wykonanym z możliwie lekkiego materiału niepalnego. W budynkach tych znajdują się oddzielne komory o wysokości co najmniej 2,2 m, w których przechowuje się mat. wybuch.; w jednej komorze ilość mat. wybuch. nie powinna przekraczać 5000 kg. Podłogi składu wykonywane są z betonu lub cegły. Wszystkie drzwi powinny być otwierane na zewnątrz budynku. Skład ma otwory wentylacyjne (przewietrzniki), zapewniające naturalną cyrkulację powietrza. Budynki stałych składów muszą być obwałowane. Odległość ścian budynku od wału powinna wynosić 1—3 m. Wejście przez wał biegnie po linii łamanej lub zabezpiecza go czołowy wał ochronny. Ogrodzenie składu należy sytuować w odległości co najmniej 30 m od obwałowania; jego wysokość powinna wynosić minimum 2,5 m. Stałego składu strzeże straż przemysłowa. Przy składowaniu obowiązuje zasada szybszego wydawania do zużycia tych partii mat. wybuch., których okres ważności jest krótszy. Nie wolno stosować mat. wybuch. o przekroczonym terminie ważności. Np., dla potrzeb prac sejsmicznych, tzw. składy polowe mat. wybuch. budowane są na okres do jednego roku, zaś składy tymczasowe na okres nie dłuższy niż 14 dni. W składach tych umieszcza się opancerzone skrzynie do przechowywania mat. wybuch. i zapalników elektrycznych.

materiał wybuchowy, związek chemiczny lub mieszanina, która pod wpływem bodźców zewnętrznych zdolna jest do chemicznej reakcji wybuchowej postępującej samorzutnie z wielką szybkością, czemu towarzyszy wydzielanie dużej ilości ciepła i produktów gazowych. Zależnie od rodzaju mat. wybuch. reakcję wybuchową można wywołać bodźcami: cieplnymi (ogrzewanie, płomień), mechanicznymi (uderzenie, tarcie, nakłucie), elektrycznymi (wyładowanie elektryczne) i wybuchowymi (wybuch innego mat. wybuch.); minimalna ilość energii danego rodzaju bodźca, niezbędnej do wywołania reakcji wybuchowej, jest miarą wrażliwości mat. wybuch. Pod względem chemicznym przemiana wybuchowa większości mat. wybuch., należących

do związków organicznych ma charakter utleniania, tzn. zawarte w mat. wybuch. atomy węgla i wodoru utleniają się tlenem tej samej cząsteczki lub tlenem z utleniacza. Ilość ciepła wydzielanego podczas wybuchu 1 kg mat. wybuch. wynosi 3762—7524 kJ/kg (900—1800 kcal/kg) i jest znacznie mniejsza od ilości ciepła pochodzącego ze spalania paliw (np. węgla, benzyny itp.). Jednakże mat. wybuch. nie wymaga do przemiany chemicznej udziału tlenu z powietrza, co w połączeniu z bardzo krótkim czasem reakcji stwarza warunki dużej koncentracji wydzielonej energii i ogromnej mocy wybuchu. Mechanizmy przenoszenia reakcji wybuchowej i jej prędkość przebiegu mogą być różne w różnych mat. wybuch. W związku z tym, reakcja wybuchowa może mieć postać: spalania wybuchowego (tzw. deflagracja), detonacji lub wybuchu o nie ustalonej prędkości (tzw. eksplozja). W zależności od tego, jak łatwo przemiana wybuchowa mat. wybuch. przechodzi od spalania wybuchowego do detonacji, rozróżnia się mat. wybuch. inicjujące i kruszące. Pod względem chemicznym mat. wybuch. dzieli się na związki chemiczne i mieszaniny wybuchowe. Do związków chemicznych o własnościach wybuchowych należą nitrozwiązki, estry kwasu azotowego, nitroaminy, pochodne kwasu chlorowego i nadchlorowego oraz inne związki, np. sole kwasu piorunowego, azotowodorowego itd. Wśród mieszanin wybuchowych rozróżnia się takie, które zawierają przynajmniej jeden składnik wybuchowy, i takie, w których żaden składnik nie ma własności wybuchowych (np. proch czarny). Energia wybuchu mat. wybuch. zostaje wykorzystana w formie pracy mechanicznej wykonywanej przez rozprężające się produkty wybuchu, ogrzane do wysokich temperatur i sprężone do bardzo wysokich ciśnień w chwili wybuchu. Maksymalną pracę przemiany wybuchowej można określić teoretycznie, znając ciepło wybuchu, objętość i skład produktów wybuchu, oraz doświadczalnie. Niszczące działanie wybuchu powodują dwa czynniki: 1) rozprężanie się produktów wybuchu przebiegające w kierunku od środka ładunku z dużą prędkością i przesuwające warstwy otaczającego ładunek ośrodka; 2) fala uderzeniowa powstająca w ośrodku otaczającym mat. wybuch., która początkowo rozprzestrzenia się z prędkością naddźwiękową, po czym stopniowo tracąc energię przechodzi w falę akustyczną. Przy ocenie efektu niszczącego działania mat. wybuch. rozróżnia się: działanie kruszące, przejawiające się w ośrodku bezpośrednio stykającym się z ładunkiem mat. wybuch., oraz działanie burzące na pewnej odległości od ładunku (lej w gruncie, wyrzucenie ziemi itd.). Działanie kruszące mat. wybuch. zależy przede wszystkim od ciśnienia na froncie fali detonacyjnej, będącej funkcją gęstości początkowej mat. wybuch. w ładunku i kwadratu jego prędkości detonacji, a także czasu trwania; praktycznie określa się je w próbie Hessa jako kruszność. Działanie burzące mat. wybuch. zależy od energii wybuchu i w praktyce oznaczone jest wielkością wydęcia bloku ołowianego, spowodowanego wybuchem 10-gramowej próbki mat. wybuch. (próba Trauzla). Mat. wybuch. znalazły szerokie zastosowanie zarówno w technice wojskowej jak i w różnych dziedzinach gospodarki narodowej. W technice wojskowej stosuje się mat. wybuch. w broni palnej, do napełniania pocisków, bomb lotniczych, min



Próba *Trauzla*
a) blok ołowiany przed próbą, b) **wydęcie** bloku ołowianego

itp; w gospodarce przede wszystkim w górnictwie, przy budowie dróg, tuneli i kanałów, pracach wyburzeniowych, wysokociśnieniowej dynamicznej obróbce metali (platerowanie, tłoczenie, utwardzanie, prasowanie proszków), cięciu i fragmentowaniu metali itd. Najstarszym mat. wybuch. jest proch czarny. Mieszaniny wybuchowe oparte na saletrze używane były w starożytnych Chinach do podtrzymywania ognia, później do wyrobu rakiet i miotania strzał. Tajemnica produkcji prochu czarnego przedostała się do Indii i Azji Środkowej, a w XIII w. do Europy. W 1786 r. chemik francuski C. Berthollet odkrył chloran potasu — podstawowy składnik nie używanych obecnie chloranowych mat. wybuch. W 1799 r. chemik angielski E. Howard otrzymał piorunian rtęci, zastosowany do wyrobu spłonek inicjujących oraz azydek ołowiu, wykorzystany do wyrobu spłonek detonujących. W 1835 r. Braconnot podał przepis na otrzymywanie nitrocelulozy, którą zaczęto stosować do napełniania pocisków artyleryjskich. Nitrocelulozę zastąpiono wkrótce kruszącymi mat. wybuch. typu aromatycznego. W 1847 r. chemik włoski A. Sobrero otrzymał bardzo silny mat. wybuch. zwany nitrogliceryną. W czasie wojny krymskiej 1835—56 chemik rosyjski N. Zinin zaproponował napełnianie nitrogliceryną pocisków artyleryjskich, jednak ze względu na jej dużą wrażliwość na bodźce mechaniczne i niebezpieczeństwo wybuchu pomysłu tego nie zrealizowano. 10 lat później uczeń N. Zinina — W. Pietruszewski zastosował mieszaninę wybuchową składającą się z 75% nitrogliceryny i 25% węglanu magnezu. Mieszaniny takie, zwane dynamitami, odznaczały się dużą siłą wybuchu, a przy umiejętnym posługiwaniu się nimi nie stwarzały niebezpieczeństwa.

Charakterystyki mat. wybuch. ☞

Nazwa mat. wybuch.	Gęstość (g/cm³)	Ciepło wybuchu (kJ/kg)	Objętość gazu (l/kg)	Prędkość detonacji (m/s)	Wydęcie w bloku ołowianym (ml)
Azotan amonu	0,90	1445	980	1100—2700	165
Czteronitrometan	1,65	2430	670	6300	155
Heksogen	1,70	5782	910	8400	470
Heksyl	1,60	4525	675	7150	320
Kwas pikrynowy	1,70	4399	730	7350	305
Nitroceluloza (13,3% N)	1,60	4295	765	6300	375
Nitrogliceryna	1,60	6201	716	8200	550
Nitroglikol	1,48	6934	737	8300	600
Oktogen	1,90	5531	908	9100	480
Pentryt	1,70	5803	790	8400	500
Tetryl	1,70	4609	765	7560	340
Trotyl	1,68	3980	730	6950	290
Dwunitrobenzen	1,60	3436	635	6100	255
Azydek ołowiu	4,60	1550	310	5300	115
Piorunian rtęci	4,20	1718	315	5400	110
Trójnitrorezorcynian ołowiu	2,90	1751	448	5200	110

W 1862 r. chemik szwedzki A. Nobel założył fabrykę nitrogliceryny w Helleneborgu pod Sztokholmem: w 1867 r. odkrył dynamit okrzemkowy oraz spłonkę *detonującą, zaś w 1875 r. otrzymał* żelatynę wybuchową przez rozpuszczenie bawełny kolodionowej w nitroglicerynie. W 1885 r. chemik francuski E. Turpin zastosował kwas pikrynowy (znany już od 100 lat i stosowany jako barwnik) do napełniania pocisków artyleryjskich. Od tego czasu kwas pikrynowy był podstawowym kruszącym mat. wybuch., używanym do celów wojskowych na całym świecie. Na początku XX w. stwierdzono, że otrzymany przez J. Wilbranda w 1863 r. trotyl może być z powodzeniem stosowany do napełniania skorup pocisków. Wobec tego znaczenie kwasu pikrynowego zmalało, natomiast wzrosło znaczenie trotylu w miarę ulepszania metody otrzymywania go i odkrywania nowych źródeł toluenu. Kwaśne własności kwasu pikrynowego, powodujące korozję i tworzenie się soli metalicznych wrażliwych na uderzenie i tarcie, spowodowały, że po pewnym czasie został on całkowicie wyparty przez trotyl. W tym samym okresie zaczęto stosować także tetryl, otrzymany po raz pierwszy w 1877 r. przez K. Mertensa. Duże znaczenie praktyczne jako mat. wybuch. ma, uzyskany po raz pierwszy w 1910 r., tetrazen oraz znany od 1891 r. trójnitrorezorcynian ołowiu. Oba te mat. wybuch. zaczęto stosować po I wojnie świat. do wytwarzania spłonek. Wraz z pojawieniem się nowych kruszących mat. wybuch. rozpoczęto prace nad otrzymywaniem silniejszych miotających mat. wybuch., zwanych prochami bezdymnymi. Za produkty wyjściowe posłużyła nitrogliceryna i nitroceluloza. W 1884 r. chemik francuski P. Vieille, po kilkuletniej pracy, otrzymał *bezdymny proch nitrocelulozowy.* Wynalazek ten polegał na żelatynizacji nitrocelulozy mieszaniną alkoholoeterową. Otrzymaną masę przerabiano na drobnoziarnisty proch karabinowy oraz proch armatni w kształcie taśm. W 1888 r. A. Nobel, wykorzystując zdolność rozpuszczania się nitrocelulozy w nitroglicerynie, otrzymał proch nitroglicerynowy. W prochu tym, w odróżnieniu od prochu P. Vieille'a, *rozpuszczalnik lotny niewybuchowy* zastąpiono nitrogliceryną. W 1889 r. uczeni angielscy F. Abel i J. Dewar do wyrobu prochu nitroglicerynowego zastosowali aceton, który jest rozpuszczalnikiem obu substancji czynnych, tj. nitrocelulozy i nitrogliceryny. W ten sposób powstał kordyt. W 1890 r. chemik rosyjski D. Mendelejew opracował metodę wyrobu prochu pirokolodionowego z nitrocelulozy stosunkowo wysoko nitrowanej (12,6%), całkowicie rozpuszczalnej w mieszaninie alkoholu i eteru. Zastosowanie prochów bezdymnych (kolodionowych) spowodowało przewrót w technice artyleryjskiej. Wzrosła prędkość początkowa pocisku i zdolność przebijania, stworzona została też podstawa do rozwiązywania problemu konstrukcji i zastosowania broni automatycznej. Olbrzymie zapotrzebowanie na amunicję w czasie I wojny świat. zmusiło państwa walczące do produkcji i wprowadzania do uzbrojenia zastępczych mat. wybuch. Spośród nich największe znaczenie miały i mają obecnie mat. wybuch. amonowo-saletrzane. Stosunkowo późno, bo dopiero po I wojnie świat. zapoczątkowano prace nad teorią powstania i rozwoju procesów przemian wybuchowych, zachodzących bardzo szybko w warunkach olbrzymich ciśnień i wybuchowych temperatur. Na ten okres przypada zbadanie i praktyczne zastosowanie silnych mat. wybuch., takich jak pentryt, otrzymany po raz pierwszy w 1894 r. i heksogen, znany od 1897 r. W czasie II wojny świat. nie odkryto nowych mat. wybuch. o większym znaczeniu bojowym. Wysiłek zakładów przemysłowych i instytutów naukowo-badawczych skierowany był na maksymalne zwiększenie produkcji. Po wojnie miotające mat. wybuch. znalazły zastosowanie w technice rakietowej.

materiał wybuchowy inicjujący, związek chemiczny lub mieszanina związków chemicznych zdolna do prze-

miany wybuchowej pod wpływem bodźca zewnętrznego (płomienia, uderzenia, tarcia, nakłucia, drutu rozżarzonego prądem elektrycznym, iskry elektrycznej), stosowany w środkach inicjujących do spowodowania przemiany wybuchowej (palenia, detonacji) w innych mat. wybuch. Charakteryzuje się krótkim czasem przejścia spalania w detonację — pełną detonację osiąga w niewielkiej masie materiału (od setnych do dziesiątych części grama zależnie od rodzaju mat. wybuch.); powoduje to niewielkie zużycie mat. wybuch. w produkcji środków inicjujących. W porównaniu z mat. wybuch. kruszącymi jest znacznie wrażliwszy, a w związku z tym bardziej niebezpieczny w produkcji i użyciu. Do najczęściej stosowanych m.w.i. należą: piorunian rtęci, azydek ołowiu, trójnitrorezorcynian ołowiu, tetrazen, dwunitrodwuazofenol.

materiał wybuchowy kruszący, mat. wybuch., dla którego zasadniczą formą przemiany wybuchowej jest detonacja wywołana działaniem środków detonujących (np. spłonką detonującą wzmocnioną niekiedy dodatkowo detonatorem). M.w.k. pobudzony płomieniem spala się stabilnie i tylko w określonych warunkach może nastąpić jego zdetonowanie (np. w dużej masie mat. wybuch. lub w zamkniętej objętości). Jego wrażliwość jest znacznie mniejsza od mat. wybuch. inicjujących; jest bezpieczniejszy w produkcji i eksploatacji. Stosuje się go w technice wojskowej do wyrobu ładunków kruszących: amunicji artyleryjskiej, lotniczej, morskiej, ładunków saperskich, a także w szerokim zakresie w postaci mat. wybuch. górniczych. Efekt niszczącego działania m.w.k. rośnie ze wzrostem ciepła wybuchu i prędkości detonacji. M.w.k. dzielą się na: 1) jednorodne, które pod względem chemicznym stanowią głównie grupę nitrozwiązków i estrów kwasu azotowego; 2) niejednorodne oparte na mieszaninach i stopach m.w.k. i na mieszaninach utleniaczy (głównie saletry amonowej) z odpowiednimi składnikami palnymi.

materiał wybuchowy miotający, proch, wieloskładnikowy mat. wybuch. stanowiący jednorodną mieszaninę wybuchową, której podstawową formą przemiany, po uprzednim jej zainicjowaniu płomieniem, stanowi spalanie wybuchowe nie przechodzące w detonację nawet w warunkach bardzo wysokich ciśnień (rzędu kilku tysięcy atmosfer). M.w.m. stosuje się głównie w formie ładunków prochowych lub stałych paliw rakietowych do nadawania początkowej prędkości pociskom, wprowadzania rakiet w ruch oraz do celów pomocniczych (podsypka prochowa, lont prochowy, opóźniacz prochowy). Dzieli się je na: 1) prochy typu mieszanin mechanicznych, składających się z utleniacza i składnika palnego (np. proch czarny, stałe paliwo rakietowe typu pirotechnicznego); 2) prochy bezdymne oparte na kolodionowej postaci nitrocelulozy. Stabilność spalania m.w.m. równoległymi warstwami osiąga się dzięki wysokiej gęstości oraz jednolitości i zwartości struktury ziarna prochowego. Pod wpływem bardzo silnego bodźca (wybuch spłonki detonującej wzmocnionej detonatorem) mogą ulec detonacji. Wartość m.w.m. ocenia się: kalorycznością, objętością produktów gazowych, temperaturą spalania, zdolnością roboczą (zwaną siłą prochu) i impulsem właściwym (w odniesieniu do paliw rakietowych).

materiały wybuchowe amonowo-saletrzane, mieszaniny, których głównym składnikiem jest azotan amonu (saletra amonowa, NH_4NO_3). Ponadto, zawierają one nitroglicerynę i nitroglikol, mączkę drzewną lub węgiel oraz trotyl i dwunitrotoluen. Niekiedy część saletry amonowej zastępuje się saletrą potasową, sodową lub nadchloranem potasu. Zależnie od ilości wymienionych składników prędkość detonacji wynosi od 2000 do 4000 m/s. Najbardziej znane są amonity.

materiały wybuchowe górnicze, kruszące mat. wybuch. stosowane w górnictwie podziemnym i odkrywkowym. Najczęściej stosowane są w górni-

etwie rud metali oraz węglowym. Na wydobycie 1 t węgla potrzeba średnio ok. 120 g mat. wybuch. M.w.g. przeważnie są mieszaninami wybuchowymi, które ze względu na skład chemiczny dzieli się na: 1) proch górniczy oraz mat. wybuch. podobnego rodzaju; 2) materiały saletrzano-amonowe, których podstawowym składnikiem jest azotan amonu (saletra amonowa), np. amonity, karbonity; 3) materiały nitroglicerynowe, w których występuje nitrogliceryna lub nitrogliceryna z nitroglikolem, np. dynamity i barbaryty; 4) materiały chloranowe, np. chloratyty, miedziankit; 5) oksylikwity; 6) materiały typu kardoks, składające się z podgrzewaczy i naboju z dwutlenkiem węgla. Ze względu na bezpieczeństwo pracy m.w.g. stosowane w kopalniach głębinowych muszą spełniać dodatkowe wymagania: 1) produkty wybuchowe nie powinny zawierać składników toksycznych (tlenku węgla, tlenków azotu) w ilościach przekraczających dopuszczalne stężenie; 2) powstały w czasie wybuchu płomień nie może powodować zagrożenia wybuchowego w kopalniach, w których występują gazy (np. metan) i pyły palne (np. pył węglowy). Wymagania te osiąga się przez: 1) wybór odpowiedniego *składu chemicznego mat.* wybuch., mającego zerowy lub zbliżony do zerowego bilans tlenowy; 2) obniżenie temperatury wybuchu na skutek wprowadzenia do m.w.g. obojętnych soli, np. chloranu sodu lub chloranu amonu, w ilościach do 45% mieszaniny. Pod względem bezpieczeństwa, w odniesieniu do metanu i pyłu węglowego, stosowane w polskim górnictwie mat. wybuch. dzieli się na: 1) skalne — używane przy prowadzeniu robót w kopalniach, w których nie występuje pył węglowy ani metan; 2) węglowe — dostatecznie bezpieczne wobec pyłu węglowego, używane w kopalniach węgla, w których występuje tylko pył węglowy; 3) powietrzne — dostatecznie bezpieczne wobec metanu i pyłu węglowego; 4) powietrzne specjalne — mające najwyższy stopień bezpieczeństwa wobec metanu i pyłu węglowego, używane w kopalniach o szczególnym zagrożeniu. Każdą grupę m.w.g. cechują określone właściwości wybuchowe: ciepło wybuchu, prędkość detonacji, temperatura wybuchu, odpowiedni stopień bezpieczeństwa osiągany kosztem pogorszenia własności wybuchowych. W górnictwie naftowym stosuje się ładunki kierunkowe (kumulacyjne) z mat. wybuch. odpornego na wysoką temperaturę do przebijania (perforowania) orurowań szybów gazo- i roponośnych. Do odpalania ładunków m.w.g. umieszczonych w otworach strzałowych używa się zapalników elektrycznych, zaś do inicjowania detonacji ładunków wydłużonych i rozdzielczych — lontów detonujących pentrytowych.

materiały wybuchowe saletrzano-amonowe, patrz mat. wybuch. amonowo-saletrzane.

materiały wybuchowe wapniowo-saletrzane, mieszaniny saletry wapniowej z saletrą amonową, nitrogliceryną i mączką drzewną lub roślinną. Zawierają zwykle dość duży procent nitrogliceryny, gdyż saletra wapniowa nie ma własności wybuchowych. Tego rodzaju mat. wybuch. są bardzo wrażliwe na działanie wilgoci.

matryce do tłoczenia wybuchowego, *przyrządy stosowane do tłoczenia wybuchowego*; są konstrukcjami monolitycznymi lub składają się z kilku części. Matryce do tłoczenia wielu detali oraz elementów o dużej grubości wykonuje się zwykle ze stali lub żeliwa. W warunkach produkcji drobnoseryjnej oraz detali o niewielkiej grubości stosuje się matryce ze stopów cynku, z betonu zbrojnego, z powierzchniową warstwą wykonaną z mas plastycznych itp. Matryce z betonu zbrojonego są tańsze i lżejsze od metalowych, a wykonanie ich mniej pracochłonne. Niekiedy matryce wykonuje się z lodu. Są one tanie i łatwe zarówno do wykonania jak i odnowienia. Wytwarza się je przez zamrożenie wody, do której dodaje się różne wypełniacze, np. wióry drewniane. Matryce takie można wytwarzać w warunkach naturalnych, bądź

w warunkach sztucznych, korzystając z urządzeń chłodniczych. Do tłoczenia wybuchowego elementów z trudnoodkształcalnych metali ośrodkiem przekazującym ciśnienie wybuchu do obrabianego detalu może być drobnoziarnisty piasek jednorodny. Do tłoczenia elementów bez wstępnego nagrzewania stosuje się wilgotny piasek.

matsu, japoński żelatynowy mat. wybuch.

MBT, mieszanina kwasu pikrynowego oraz dwunitrofenolu (Francja, Włochy).

MDN, francuska mieszanina kwasu pikrynowego (80%) oraz dwunitronaftalenu (20%).

mechanizm balistyczny reakcji chemicznej, patrz spalanie wybuchowe.

mechanizm mieszaninowy reakcji chemicznej, występuje w przypadku, gdy reakcja na czole fali detonacyjnej polega na współdziałaniu dwóch lub więcej substancji, nie pozostających w kontakcie cząsteczkowym. Mechanizm ten odpowiada heterogennym układom wybuchowym. Według Charitona reakcja nie przebiega w całej objętości substancji, lecz na granicy rozdziału składników.

mechanizm powstawania pobudzenia, przy ogrzewaniu mat. wybuch. przez zewnętrzne źródło ciepła o stosunkowo niskiej i stopniowo wzrastającej temperaturze, po osiągnięciu pewnej temperatury następuje samozapłon (pobudzenie) materiału. Proces ten można przedstawić następująco. W niskich temperaturach egzotermiczna reakcja rozkładu mat. wybuch. przebiega wolno, a całe wydzielające się ciepło zostaje odprowadzone na zewnątrz — występuje równowaga pomiędzy dopływem i odpływem ciepła. Ze wzrostem temperatury szybkość reakcji, a więc i przepływ ciepła, rośnie w większym tempie niż odprowadzanie ciepła i w temperaturze samozapłonu zostaje zachwiana równowaga między przypływem a odpływem ciepła; temperatura mat. wybuch. zaczyna szybciej wzrastać i przewyższa równomiernie wzrastającą temperaturę zewnętrznego źródła ciepła; szybkość reakcji rośnie gwałtownie aż do momentu samozapłonu — następuje wybuch cieplny. Charakterystyczne dla m.p.p. są temperatura i charakter pobudzania. Temperaturę pobudzania określa ta wartość temperatury, po osiągnięciu której ogrzewany przez zewnętrzne źródło mat. wybuch. ulega samozapłonowi. Mierzy się ją w bardzo prosty sposób. Szklaną probówkę zawierającą niewielką ilość (0,1 lub 0,5 g) mat. wybuch. zanurza się na głębokość 2 cm w stopie Wooda, znajdującym się w żelaznej łaźni i ogrzanym do 100°C. Łaźnię ogrzewa się równomiernie, aby temperatura wzrastała o 5° lub 20° na min. Notuje się, przy jakiej temperaturze następuje pobudzenie mat. wybuch. Temperaturę pobudzenia można wyznaczyć także metodą Stockesa i Webera (1921) opartą na zasadzie utrzymania stałej temperatury źródła zewnętrznego i mierzenia czasu upływającego od chwili poddania mat. wybuch. działaniu tej temperatury do chwili pobudzenia. Do próbek metalowych ogrzanych do różnych temperatur, np. 170°, 180°, 200° i 220° wrzuca się kolejno badany mat. wybuch. i notuje czas, po którym następuje pobudzenie. Na tych danych opiera się wykres temperatury w funkcji czasu opóźnienia. Ocenę temperatury pobudzenia, jako miary trwałości mat. wybuch., przeprowadził Muraor (1926). Przyjmował on, że każda cząsteczka substancji musi uzyskiwać pewną ilość energii, aby uległa rozkładowi. W przypadku substancji skondensowanych doprowadzana energia cieplna przeistacza się głównie w energię drgań atomów i grup atomów wewnątrz cząsteczki. Gdy wielkość drgań przekroczy siłę przyciągania między atomami lub ich grupami następuje rozpad cząsteczki. Ilość energii potrzebnej do rozerwania wiązań między atomami lub ich grupami można uważać za miarę trwałości. Przy ogrzewaniu mat. wybuch. reakcje spalania związane z rozpadem cząsteczki są egzotermiczne i „podgrzewają" substancję. Początko-

wo temperatura substancji jest tylko nieco wyższa od temperatury kąpieli. Ze wzrostem temperatury bardzo szybko zwiększa się ilość rozpadających się cząsteczek, a przez to ilość wywiązującego się ciepła wskutek reakcji spalania. Od pewnej temperatury ciepło wywiązuje się tak szybko, a przez to i wzrost temperatury przyspieszony jest tak bardzo, że następuje samozapłon, czyli pobudzenie. Temperatura kąpieli zmierzona w tej chwili (temperatura pobudzenia) jest dla tego samego mat. wybuch. o tyle niższa, o ile powolniejsze było ogrzewanie kąpieli. Przy powolnym ogrzewaniu temperatura działa przez dłuższy czas, a zatem czas działania danej temperatury przekracza opóźnienie zapłonu występujące w określonej temperaturze. Klasyczna teoria oznaczenia temperatury pobudzenia w świetle rozważań Muraora nie jest doskonała, gdyż: 1) mierzona temperatura kąpieli różni się od temperatury mat. wybuch. w probówce, 2) w celu spowodowania pobudzenia nie jest konieczne, aby cząsteczki rozpadły się na atomy (zjawisko niecałkowitego rozpadu mat. wybuch.). Wobec tego A. Michel Levy i H. Muraor (1931) ogłosili własną metodę oznaczania temperatury pobudzania prochów, opartą na poniższych zasadach: prostopadle do mikroskopu polaryzacyjnego usytuowany jest piec elektryczny ogrzany do temperatury 200—250°C. Do pieca wstawia się szybko rurkę mosiężną o ⌀ 12 mm i długości 6 mm, w środku której zawieszona jest maleńka próbka prochu o ciężarze około 2 mg obok miejsca zlutowania termopary. Od góry i od dołu rurka jest zamknięta dwiema szybkami z nietłukącego się szkła. Próbka prochu osiąga temperaturę np. 200°C w ciągu 50—70 s. Przed pobudzeniem próbka staje się ciemna i zaczyna się pienić. Pobudzenie przejawia się płomieniem i szybkim rozkładem próbki. Temperatura pobudzenia prochów w przypadku tej metody oznaczeń jest średnio o 30° wyższa od otrzymanej metodą klasyczną. Zlikwidowano tutaj różnicę pomiędzy mierzoną temperaturą kąpieli i mat. wybuch., nie usunięto jednak całkowicie drugiej wady, jaką jest wstępny okres rozkładu mat. wybuch. D. Smoleński (1947) zaproponował metodę oznaczania temperatury pobudzenia, która nie posiadała żadnej z ujemnych cech metody klasycznej. Punktem wyjścia była metoda Stockesa-Webera, tzn. o stałej temperaturze łaźni. Mat. wybuch. rzucony na powierzchnię ogrzaną do stałej temperatury rozkłada się (jest pobudzony) po pewnym czasie, zależnym od temperatury powierzchni i od rodzaju mat. wybuch. Czas między rzuceniem mat. wybuch. na rozgrzaną powierzchnię a jego pobudzeniem (czas opóźnienia, okres indukcji) jest tym mniejszy, im wyższa jest temperatura powierzchni. Najwłaściwszą temperaturą pobudzenia byłaby ta, przy której czas opóźnienia równałby się zeru. Jest to jednak trudne do uchwycenia. Zarówno czasy przed czasem opóźnienia równym zeru, jak i temperatura nie wyższa od tej, która miałaby czas opóźnienia równy zeru, są bardzo trudne do oznaczenia. Dlatego przyjęto umownie, że temperatura pobudzenia to taka, przy której pobudzenie mat. wybuch. następuje po 1 s ogrzewania. Przy tego rodzaju warunkach oczywiście temperatura badanego mat. wybuch. jest równa temperaturze łaźni, a czas 1 s sprowadza do minimum zjawisko wstępnego rozkładu mat. wybuch. i jego przemiany. Temperatura pobudzenia jest tylko jedną z charakterystyk tego zjawiska. Istotną rolę odgrywa także jego charakter. Pobudzenie mat. wybuch. inicjujących oraz niektórych kruszących, jak nitrogliceryna i nitroamonit, ma postać wybuchową, większość pozostałych mat. wybuch. daje pobudzenie miękkie w postaci bardziej lub mniej burzliwego spalania. Zjawisko pobudzenia różni się od normalnego spalania tym, że przy pobudzeniu mat. wybuch. spala się przy granicznie wysokiej temperaturze początkowej, do której może być ogrzany. Poza tym spala się wtedy nie czysty mat. wybuch., lecz z większą

lub mniejszą zawartością końcowych lub pośrednich produktów jego przemiany. Wreszcie spalanie przy pobudzeniu powstaje nie od zewnętrznego źródła wysokiej temperatury, lecz na skutek samozapłonu. Charakter zjawisk występujących po samozapłonie uzależniony jest od stałości spalania w tych warunkach. W przypadku spalania otrzymuje się miękkie pobudzenie (wyfuknięcie), w przypadku przeciwnym może nastąpić przejście rozpoczętego spalania w detonację. Ostre pobudzenie nitrocelulozy spowodowane jest jej porowatością, powodującą dużą szybkość spalania w wysokich temperaturach. Zachowanie się ciekłych (w temperaturze pobudzenia) mat. wybuch. zależy od stosunku szybkości ich spalania w warunkach pobudzenia do granicznej szybkości 0,25 $g/cm^2 \cdot s$ przy ciśnieniu atmosferycznym. Substancje, których szybkość spalania jest znacznie większa od wartości granicznej, powodują przy samozapłonie wybuch, podczas gdy substancje o miękkim pobudzeniu mają większą szybkość spalania. W realnych warunkach powstawania pobudzenia, przy egzotermicznym i autokatalicznym charakterze rozpadu mat. wybuch., nie należy oczekiwać jednoczesnego powstania centrów (ognisk) zapłonu w całej masie. Rozpoczęta w dowolnym punkcie reakcja tworzy bardziej dogodne warunki dla reakcji cząsteczek sąsiednich niż dla całej masy substancji. Poza tym różne punkty mat. wybuch. znajdują się w różnych warunkach pod względem oddawania ciepła (a więc i wyrównywania temperatury), stężenia produktów reakcji przyspieszających się, kontaktu z powietrzem itp. Dlatego należy przypuszczać, że początkiem pobudzenia może być powstanie jednego (pierwszego) ogniska stałego zapłonu, tj. takiego źródła zapłonu, które jest zdolne do samorozprzestrzeniania się. Ilość substancji badanej także może wywierać wpływ. Jeśli spalanie jest niestałe i zdolne do przejścia w detonację, to przy bardzo małej ilości mat. wybuch. może się zakończyć przed przejściem w detonację.

mechanizm przebicia kumulacyjnego, metaliczny strumień kumulacyjny, o prędkości rzędu 2—10·10³ m/s, w strefie zderzenia ze stalową przeszkodą wytwarza ciśnienia rzędu 10^{11} N/m^2. W strefie zderzenia, w wyniku gwałtownego sprężenia materiału przeszkody i strumienia, mamy do czynienia ze wzrostem temperatury do 10^4 K. W przeszkodzie tworzy się krater na skutek rozpychającego działania ciśnienia dynamicznego, powstałego w wyniku zderzania się kolejnych elementów z przeszkodą oraz erozyjnego działania strumienia w warunkach podwyższonej temperatury. W zależności od stanu, gęstości i prędkości strumienia oraz fizycznych własności materiału przeszkody różny jest udział procesu płynięcia powodowanego erozją materiału przeszkody w wytwarzaniu krateru. Mechanizm wnikania dowolnego strumienia kumulacyjnego w przeszkodę zależy od właściwości materiałów ulegających zderzeniu oraz od prędkości zderzenia. Zakłada się, że dzieje się to w stanie quasi-ciekłym.

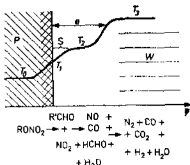
mechanizm reakcji chemicznej według Apina, A.J. Apin uważa (1947), że rozprzestrzenianie się procesu detonacji mat. wybuch. skondensowanego spowodowane jest przebiciem warstewek leżących na przodzie i zapaleniu ich przez strumień produktów reakcji chemicznej. Obecność porów w ładunkach prasowanych lub pęcherzyków gazu w cieczach i żelach ułatwia przebieg tego procesu. Prędkość detonacji jest zarazem równa prędkości ruchu produktów detonacji. Punkt widzenia Apina jest niezgodny ze znanymi faktami, występującymi przy pobudzeniu detonacji, ponieważ przekazywanie detonacji następuje dość łatwo przez przegrody z metalu i wody.

mechanizm spalania, przemiana chemiczna, powodująca przejście mat. wybuch. w produkty gazowe będące w stanie równowagi termodynamicznej, jest reakcją egzotermiczną. Gdy reakcja taka przebiega bez strat energii na zewnątrz, to temperatura układu rośnie. Ponieważ szybkość reakcji zwiększa się wraz z temperaturą (proporcjo-

nalnie do $e^{-A/T}$), dlatego reakcja egzotermiczna jest samoprzyspieszająca się. W warunkach realnych, kiedy ciepło oddawane jest na zewnątrz, warunkiem samoprzyspieszania staje się ogrzanie mat. wybuch. do pewnej temperatury krytycznej, poczynając od tej, przy której ilość ciepła dopływającego ze strefy reakcji zaczyna przewyższać ciepło oddawane na zewnątrz, zwiększające się tylko w niewielkim stopniu wraz z temperaturą. W procesie spalania przez mat. wybuch. przemieszcza się fala cieplna, wywołując reakcję chemiczną, której wydajność cieplna podtrzymuje stałość temperatury w przestrzeni reakcji oraz stałą szybkość rozchodzenia się fali cieplnej. „Chłodna" warstwa wchodząca w strefę reakcji otrzymuje ciepło od warstwy poprzedniej, oddaje je następnej i ogrzewa się dodatkowo w wyniku zachodzącej w niej reakcji. Temperatura warstwy rośnie przy tym od początkowej do maksymalnej temperatury spalania. Podstawowymi czynnikami wyznaczającymi szybkość spalania są: temperatura osiągana podczas reakcji i szybkość reakcji w tej temperaturze oraz szybkość wymiany ciepła między produktami reakcji i nieprzereagowaną substancją. Szybkość wymiany cieplnej determinuje mechanizm przekazywania ciepła (przewodnictwo cieplne, konwekcja, promieniowanie) i odległość strefy temperatury maksymalnej od warstwy wstępującej w reakcję oraz wielkość powierzchni kontaktu produktów spalania i nieprzereagowanej substancji. Powierzchnia spalania może być zwiększona przez: przenikanie produktów gazowych w głąb substancji proszkowej, powstanie makro- i mikronypukłości na płaskiej powierzchni, trafianie cząstek stałego lub ciekłego mat. wybuch. do strumienia gazów i unoszenia przezeń itd. Ponadto, gdy gazowe produkty spalania poruszają się po powierzchni substancji nie spalonej, to ruch ten także przyspiesza spalanie, zwłaszcza jeżeli jest turbulentny i wskutek tego substancja ulega silnemu ogrzaniu. W tych przypadkach szybkość spalania jest większa, niż w przypadku frontu płaskiego, gdyż ciepło spalania przereagowanej części substancji zużytkuje się pełniej na pobudzenie reakcji w następnych warstwach mat. wybuch. Pewną miarą szybkości reakcji może być temperatura pobudzenia. Temperatura równowagi dopływu i odpływu ciepła w warunkach spalania powinna być wyższa niż w przypadku homogenicznego wybuchu cieplnego z dwóch powodów. Substancja ogrzewa się tylko z jednej strony oddając jednocześnie ciepło w głąb chłodzonej substancji, podczas gdy przy wybuchu homogenicznym cała objętość jest otoczona przez środowisko o podwyższonej temperaturze. Z drugiej strony w procesie homogenicznym ogrzewanie następuje zwykle powoli, zaś szybkość reakcji chemicznej wzrasta nie tylko w wyniku wzrostu temperatury, lecz także na skutek izotermicznego przyspieszania reakcji. Temperatura pobudzenia jest wartością stałą, lecz uzależnioną od sposobu jej oznaczenia. Względność temperatury pobudzenia jako kryterium szybkości spalania wynika także z opisanych różnic między mechanizmem pobudzenia i spalania. Jednakże w pewnych warunkach proces spalania można rozpatrywać jako nieprzerwany szereg pobudzeń kolejnych warstw mat. wybuch. nagrzewanych przez produkty spalania. Dalszy wzrost temperatury i przebieg reakcji następuje wskutek samoogrzewania się w danej warstwie, a także w wyniku samoprzyspieszenia reakcji. Przy tym założeniu szybkość spalania można traktować jako szybkość ogrzewania substancji od jej temperatury początkowej do temperatury pobudzenia. Takie założenie przyjęli Michelson i Mallard wraz z Le Chatelierem w trakcie obliczania szybkości spalania.

mechanizm spalania nielotnych mat. wybuch., w warunkach ciśnień bliskich atmosferycznemu szybkość spalania nielotnych mat. wybuch. związana jest z ciśnieniem zależnością: $u = A + Bp$, przy czym A jest 2—4-krotnie większe od B. Ta zależność nie posiada dotychczas jednoznacznej

interpretacji. Jest pewne, że człon A warunkowany jest przebiegiem reakcji w fazie skondensowanej. Jakościowo prawdopodobne jest założenie Muraora, że człon A odpowiada przepływowi ciepła na skutek reakcji przebiegającej w fazie skondensowanej. We wszystkich badanych substancjach ze zmianą temperatury jednakowo zmieniają się wartości A i B. Podobnie otrzymuje się jakościowe zależności dla prochów nitroglicerynowych. Szybkość spalania powiązana jest z ciśnieniem w szerokim zakresie jego wartości równaniem $u = A + Bp^v$, gdzie $v < 1$. Prawdopodobnie przyczyna takiej zależności wynika z dużej zawartości nitrocelulozy w prochu oraz z obecności w nim składników o niższej zdolności do reakcji. Przypuszczalnie przy małych ciśnieniach reagują tylko składniki o najwyższej zdolności do reakcji — estry; składniki o mniejszej zdolności do reakcji pełnią rolę rozcieńczaczy obniżających temperaturę spalania. Potwierdza to fakt, że przy spalaniu pod ciśnieniem atmosferycznym w gazowych produktach spalania zawarty jest praktycznie cały azot, a tylko 2/3 węgla. Przy wyższych ciśnieniach udział składników prochu w spalaniu staje się pełniejszy, a temperatura gazów wyższa. Dlatego wzrost szybkości spalania w przedziale umiarkowanych ciśnień, np. do 100 kg/cm², jest większy niż przy ciśnieniach wyższych, gdzie staje się liniową funkcją ciśnienia. Doświadczalne zależności szybkości spalania nielotnego mat. wybuch. od ciśnienia i temperatury wskazują na to, że mechanizm ich spalania różni się od mechanizmu zaproponowanego przez J. B. Zeldowicza. Niektóre zależności mogą być wyjaśnione przy założeniu, że spalanie nielotnych mat. wybuch., takich jak nitroglicerynowe prochy czy nitroceluloza, obejmuje przynajmniej 3 stadia: 1) reakcję egzotermiczną w fazie skondensowanej; 2) reakcję egzotermiczną w fazie gazowej, prowadzącą do powstania produktów niecałkowitego spalania, np. tlenków azotu; 3) reakcję egzotermiczną między produktami reakcji niepełnej (głównie między CO i NO), której towarzyszy płomień i która nie występuje w niskich temperaturach. Ten schemat reakcji opracowali matematycznie O. K. Rice i R. Ginell (1950). Przy spalaniu prochów należy uwzględniać fizyczne i chemiczne oddziaływanie na siebie reakcji chemicznych ich komponentów, związków chemicznych, przebiegających w reakcjach różnych stopni. Ponieważ spalanie się prochów przebiega równoległymi warstwami, proces ten można traktować jako równomierny, zmieniający się według parametru przestrzennego — normalnej do powierzchni spalania. Wskutek złego przewodnictwa cieplnego prochu, już w małej odległości od powierzchni spalania nie podlega on większym wpływom procesu spalania. W miarę zbliżania się do powierzchni spalania, pod wpływem



Schemat strefy spalania prochu dwuskładnikowego:
T_0 — temperatura początkowa prochu, T_1 — temperatura reakcji w fazie skondensowanej, T_3 — temperatura reakcji płomiennej, P — proch, p — strefa podpowierzchniowa, s — strefa syczenia, e — strefa ciemna, w — strefa płomienia

przewodnictwa cieplnego i reakcji chemicznych proch ogrzewa się, temperatura wzrasta, może nastąpić stopienie i proch rozkłada się na powierzchni, wytwarzając substancje lotne. Następnie te lotne produkty reagują w fazie gazowej i przy wysokiej temperaturze płomienia przechodzą ostatecznie w końcowe produkty spalania. Kolejność

przebiegu reakcji i temperatury przedstawiono na rysunku.

mechanizm spalania prochów niejednorodnych, prochy niejednorodne, mieszaniny, jako stałe paliwo rakietowe stosuje się dopiero od końca II wojny świat., dlatego są zbadane w mniejszym stopniu niż jednorodne prochy nitroglicerynowe. Ilość niejednorodnych paliw rakietowych różniących się składem jest tak wielka, że trudno dokonać ogólnej analizy procesu ich spalania. Tym niemniej, większość tych mieszanin wykazuje podobieństwo struktury fizycznej i własności balistycznych, dlatego można je rozpatrywać jako jedną klasę mat. wybuch. (prochów). Wiele z tych mieszanin wykazuje stosunkowo słabą zależność szybkości spalania od temperatury i ciśnienia. Niejednorodna struktura mieszaniny prowadzi do analogicznej niejednorodności na powierzchni spalania i w strefie płomienia. W wyniku termicznego rozkładu cząsteczek utleniacza i lepiszcza na powierzchni spalania kolejno powstają strumienie gazowe bogate albo w utleniacze, albo w paliwo. Sposób mieszania się tych strumieni utleniacza i paliwa, tworzących strefę reakcji płomienia, ma duże znaczenie dla procesu spalania i może być podstawowym kryterium przy określaniu szczegółowych charakterystyk spalania tych mieszanin. B. L. Crawford ze współpracownikami przebadał doświadczalnie spalanie paliwa składającego się ze stechiometrycznej mieszaniny nadchloranu potasu i sadzy oraz prochu nitroglicerynowego jako lepiszcza. O. K. Rice rozpatrzył jakościowo mechanizm spalania tej substancji. W takim paliwie samo lepiszcze, przy braku wypełniacza, spala się w sposób podany dla prochów jednorodnych. Wpływ węgla i nadchloranu, jako wypełniacza, zmienia zwykłe spalanie się lepiszcza. Szybkość spalania mieszanin tego rodzaju przy ciśnieniach powyżej 20 kg/cm^2 prędko rośnie ze wzrostem ciśnienia, przekraczając znacznie szybkość spalania samego lepiszcza. Przy ciśnieniach wyższych, szybkość spalania mieszanin asymptotycznie zbliża się do szybkości spalania lepiszcza, co zwiększa pierwotnie słabą zależność szybkości spalania od ciśnienia. Jest to zjawisko pożądane przy stosowaniu takiej mieszaniny w charakterze paliwa rakietowego. Najszersze zastosowanie jako utleniacz znalazł nadchloran amonu. Paliwa rakietowe z tym utleniaczem, w porównaniu z paliwami z innymi utleniaczami (nadchloran potasu czy sodu, saletra amonowa lub sodowa), odznaczają się wysokim impulsem właściwym, małymi opóźnieniami zapłonu oraz takimi własnościami nadchloranu amonu, jak: niehigroskopijność, trwałość przy składowaniu i niewydzielanie części stałych podczas spalania. Ponieważ zawartość utleniacza w paliwie wynosi od 70% do powyżej 80%, zatem wpływa on w sposób zasadniczy na przebieg spalania paliwa. Szybkość spalania paliwa z nadchloranem amonu jest bliska szybkości rozkładu samego nadchloranu amonu, co decyduje o mechanizmie spalania.

mechanizm uderzeniowy reakcji chemicznej, występuje wówczas, gdy mat. wybuch. poddany jest najpierw ściskaniu i ogrzaniu, a potem następuje reakcja chemiczna. Warunkiem wystąpienia tego mechanizmu jest homogeniczność substancji wyjściowej oraz to, aby reakcja chemiczna przebiegała w całej objętości substancji znajdującej się w mieszaninach gazowych i cieczach (bez pęcherzyków gazowych).

mechanizmy reakcji chemicznej, J. M. Chariton rozróżnił (1947) trzy najbardziej typowe mechanizmy reakcji chemicznej w strefie detonacji: uderzeniowy, balistyczny i mieszaninowy. Wchodzą one w zakres hydrodynamicznej teorii detonacji, gdyż przyjmuje się, że we wszystkich przypadkach pobudzenia rozprzestrzenianie się reakcji związane jest z ruchem fali uderzeniowej w ładunku mat. wybuch.

meiaku, japońska nazwa tetrylu.

melinit, patrz kwas pikrynowy.

melinite/O, mieszanina kwasu pikrynowego i 0,3% trójnitrokrezolu.

melinite/P, francuska mieszanina kwasu pikrynowego i 12% parafiny.

Mendelejew Dmitrij, 1834—1907, rosyjski uczony, chemik, profesor Uniwersytetu w Petersburgu, członek czynny PAU. Odkrył w 1869 r. okresowy układ pierwiastków i prawo okresowości pierwiastków chemicznych, przewidział istnienie i własności nie odkrytych jeszcze kilku pierwiastków chemicznych (m.in. galu, skandu, germanu, polonu i fransu). Wniósł duży wkład w udoskonalenie produkcji prochu bezdymnego. Przedstawił sposób odwadniania bawełny strzelniczej spirytusem, co znacznie uprościło i uczyniło ten sposób bardziej bezpiecznym. Prowadził badania temperatur krytycznych, w zakresie teorii roztworów, ropy naftowej itd.

menkayaku, japońska nazwa nitrocelulozy.

Mertens K.C., chemik, który w 1877 r. do molekuły toluenu dołączył czwartą grupę nitrową poprzez przejściowy atom azotu. Nowy mat. wybuch. nazwano tetrylem (od „tetra" czyli „cztery"). Osiągnięcie M. było znaczące. W większości mat. wybuch. zawarte są trzy grupy nitrowe. Według teorii rozkładu wybuchowego najlepiej, gdyby tych grup było cztery. Wynika to z tego, że każda z grup zawiera tlen, zaś w mat. wybuch. jest go mało. Brak tlenu prowadzi do utraty mocy i bezużytecznej straty mat. wybuch.

metabel, mat. wybuch. o prędkości detonacji 7000 m/s, gęstości 1,47 g/cm^3, cieple wybuchu 3770—4400 kJ/kg.

metan, gaz błotny, gaz kopalniany, CH_4, węglowodór nasycony z grupy parafin, bezbarwny gaz bez zapachu o temperaturze wrzenia 162°C. Pali się niebieskim płomieniem, ciepło spalania 1 kg m. wynosi 13 300 kcal; z tlenem tworzy mieszaniny wybuchowe. Jest przeważającym składnikiem gazu ziemnego.

metanity powietrzne, mat. wybuch., których skład chemiczny podobny jest do składu karbonitów węglowych, zawierają jednak więcej soli kuchennej, zazwyczaj powyżej 20%. W rezultacie tego są słabsze od karbonitów. Ogólnie można powiedzieć, że bezpieczeństwo mat. wybuch. saletrzano-amonowych wobec metanu i pyłu węglowego wzrasta ze wzrostem zawartości soli alkalicznych, podczas gdy ich siła maleje. Prędkość fali detonacyjnej m.p. wynosi ok. 1900 m/s, ciśnienie detonacji ok. 22 000 kG/cm^2, temperatura produktów detonacji ok. 1800°C, wydęcie w bloku ołowianym do 220 ml. Zużycie m.p. w przemyśle węglowym jest bardzo wysokie i stanowi ok. 57% całego zużycia mat. wybuch. w kopalniach węgla.

metoda Dautriche, patrz prędkość detonacji.

metoda J. N. Ajzenstadta, uproszczona metoda obliczania prędkości detonacji mat. wybuch. skondensowanych, zaproponowana przez J. N. Ajzenstadta w 1975 r. Jest ona oparta na założeniu, że dla wielu typowych mat. wybuch. prędkość detonacji przy danej gęstości może być przedstawiona z dostateczną dokładnością w postaci funkcji kilku parametrów, wywodzących się ze wzoru stechiometrycznego i ciepła tworzenia. Parametrami tymi są: liczba gramoatomów danego materiału, bezwzględna wartość bilansu tlenowego i ciepło spalania mat. wybuch. przy stałej objętości.

metoda Landau-Staniukowicza, metoda obliczania prędkości detonacji mat. wybuch. skondensowanych. W przypadku, gdy kowolumen jest wartością zmienną, zależną od ciśnienia (gęstości) mat. wybuch., cząsteczki gazów podetonacyjnych nie mogą być rozpatrywane jako „twarde, nieściśliwe i nie deformujące się cząstki" kinetycznej teorii gazów. Autorzy metody przyrównali stan produktów detonacji do siatki krystalicznej ciała stałego. Wykazali, że można opisać zachowanie się skondensowanych mat. wybuch. przyjmując energię sprężystą, a więc i sprężystą część ciśnienia, jako dominującą, zależną od gęstości produktów detonacji, a nie od temperatury. Przy tym założeniu określali równanie stanu w postaci zależności ciśnienia od gęstości (objętości) na podstawie doświadczalnie określonej prędkości detonacji.

metoda Martin-Yallopa, półempiryczna metoda obliczania prędkości detonacji skondensowanych mat. wybuch. (1958). Jest ona pierwowzorem metody M. Pągowskiego. Polega na powiązaniu prędkości detonacji ze zmodyfikowanym bilansem tlenowym.

metoda Michelsona oraz Mallarda i Le Chateliera, pierwsza ilościowa metoda opisu zjawiska spalania prochów.

metoda M. Pągowskiego, półempiryczna metoda obliczania detonacji skondensowanych mat. wybuch. z zastosowaniem efektywnego bilansu tlenowego, odzwierciedlającego energetyczne możliwości cząsteczki mat. wybuch. (1964).

metoda Schmidta, metoda obliczania prędkości detonacji skondensowanych mat. wybuch., której celem jest znalezienie wartości kowolumenu na drodze półempirycznej. Znając tę wartość można stosować wzór na prędkość detonacji mieszanin gazowych o podwyższonej gęstości do obliczania prędkości detonacji skondensowanych mat. wybuch.

metoda Smoleńskiego, metoda oznaczania temperatury pobudzenia mat. wybuch. zaproponowana przez D. Smoleńskiego (1947) nie posiadająca ujemnych cech metody klasycznej (metody o stałej temperaturze łaźni). Według m.S. mat. wybuch. rzucony na powierzchnię ogrzaną do stałej temperatury rozkłada się (jest pobudzony) po pewnym czasie, zależnym od temperatury i rodzaju mat. wybuch. Najwłaściwszą temperaturą pobudzenia byłaby ta, przy której czas opóźnienia równałby się zeru. Jest to trudne do uchwycenia, dlatego przyjęto, że temperatura pobudzenia to taka, przy której pobudzenie następuje po 1 s ogrzewania.

metoda Trauzla, patrz Trauzl.

metyloamina, $CH_3{\cdot}NH_2$; najprostsza amina pierwszorzędna, alifat. Gaz o temperaturze topnienia 92,5°C, temperaturze wrzenia 6,3°C, łatwo rozpuszczalny w wodzie, o zapachu amoniaku, palny. *M. jest otrzymywana* katalitycznie z alkoholu metylowego i amoniaku w wysokiej temperaturze. W handlu znajduje się w postaci chlorowodorku $(CH_3{\cdot}NH_3)^+Cl^-$; płatki o temperaturze topnienia 227—228°C, higroskopijny, rozpuszczalny w wodzie i alkoholu. Stosowany jest jako półprodukt w przemyśle barwników, farmaceutycznym, dodatek do paliw, inhibitor polimeryzacji, środek napędowy rakiet, wywoływacz fotograficzny.

MHN, patrz nitromanit.

Micewicz Stanisław, ?, inż., w 1919 r. pracownik Departamentu Artylerii Ministerstwa Spraw Wojskowych, w latach 1919—22 pełnił funkcję dyrektora *Fabryki Prochu „Nitron"*, należącej do belgijskiej sp. akc. *Zakłady Przemysłowe BORYSZEW* k. Sochaczewa. W 1922 r. przeszedł do pracy w Departamencie II Uzbrojenia Minist. Spraw Wojsk. Był wykładowcą w Wyższej Szkole Oficerskiej w Toruniu z zakresu mat. wybuch. W latach 1927—28/29 sprawował funkcję szefa-chemika w zakładach przemysłowych, będących spadkobiercą firmy *Giesche's Erben*, której podlegały kopalnie cynku, kadmu, ołowiu i inne. W okresie okupacji współdziałał z ruchem oporu w zakresie opracowywania mat. wybuch. W 1944 r. zginął w obozie koncentracyjnym na Majdanku. Pracując w fabryce prochu k. Sochaczewa, wraz *z inż. J. Horodeckim i inż. E. Kniażykowskim* opracował i uruchomił produkcję bezdymnego prochu karabinowego do amunicji ćwiczebnej. Był autorem pierwszego w okresie międzywojennym podręcznika pt. *Chemia materiałów wybuchowych* (1926).

miedziankit, mat. wybuch. z grupy chloranowych, składający się z ok. 90% *chloranu potasu i* 10% nafty. Nasycenie chloranu naftą wykonywano w kopalni. M. był tanim mat. wybuch. Prędkość detonacji m. wynosiła 3300 m/s, przy gęstości 1,6 g/cm³, ciepło detonacji 1100 kcal/kg, temperatura detonacji 3800°C, objętość gazów 340 l/kg, ciśnienie detonacji 33 000 kG/cm². Największą popularnością *cieszył się przed i w czasie* I wojny świat. W Polsce m. był wpro-

wadzony przez braci Łaszczyńskich (1909). Dzisiaj nie stosuje się go.

• **mieszanina**, substancja złożona z kilku substancji czystych, czyli zawierająca rozmaite rodzaje cząsteczek lub atomów. W przeciwieństwie do związku nie ma ściśle określonych, stałych własności fizycznych. W zależności od stopnia rozdrobnienia substancji składowych rozróżnia się m. właściwe, koloidalne oraz roztwory prawdziwe (mieszaniny o rozdrobnieniu cząsteczkowym).

mieszanina nitrująca, mieszanina kwasu azotowego i siarkowego stosowana do otrzymywania aromatycznych związków nitrowych, np. nitrobenzenu $C_6H_5NO_2$. Kwas siarkowy zawarty w mieszaninie nitrującej katalizuje powstawanie jonów nitroniowych NO_2^+ niezbędnych do nitrowania. Proporcje i stężenie kwasów w m.n. dobiera się odpowiednio do związku nitrowanego oraz produktów nitrowania.

mieszanina piorunująca, mieszanina gazów mogących ulegać reakcji łańcuchowej, wybuchająca pod wpływem odpowiedniego impulsu (iskry, promieni słonecznych itp.). Przykładem m.p. może być mieszanina wodoru z tlenem (od 4 do 94% H_2), wodoru z powietrzem (od 4 do 74% H_2), wodoru z chlorem (od 7 do 89% H_2).

mieszanina pirotechniczna, mechaniczna mieszanina nieorganicznych utleniaczy z organicznymi i metalicznymi paliwami oraz dodatkami wiążącymi, tzw. lepiszczami. Może być zaliczona do mat. wybuch., gdyż w pewnych warunkach wybucha i jest stosunkowo wrażliwa na działanie czynników zewnętrznych. Podstawowym mechanizmem przemiany wybuchowej m.p. jest spalanie.

mieszanina wybuchowa, mieszanina dwu- i wieloskładnikowa sporządzona z różnych związków o własnościach wybuchowych i niewybuchowych w celu otrzymania mat. wybuch. o wymaganych własnościach wybuchowych (np. odpowiedniej wrażliwości, cieple i temperaturze wybuchu, prędkości detonacji, stabilności spalania, efekcie inicjującym) oraz chemicznych i fizycznych (np. odpowiednia trwałość chemiczna, wytrzymałość mechaniczna, temperatura topnienia, plastyczność, bilans tlenowy, skład produktów wybuchu). Ze względu na zastosowanie m.w. dzieli się na: 1) m.w. do środków inicjujących, 2) m.w. miotające, 3) m.w. kruszące. M.w. do środków inicjujących stosuje się w spłonkach zapalających w postaci masy z mat. wybuch. inicjującego, utleniacza i składnika palnego oraz w spłonkach detonujących, najczęściej w potrójnej warstwie, z uwrażliwionego mat. wybuch. inicjującego, azydku ołowiu i mat. wybuch. kruszącego. M.w. miotające stanowią mieszaniny typu mechanicznego lub koloidalnego, opartego na żelatynizowanej nitrocelulozie. M.w. kruszące dzielą się na: 1) mieszaniny i stopy mat. wybuch. o średniej i dużej mocy, 2) mieszaniny i stopy składające się z utleniaczy i składników palnych, 3) dynamity i mat. wybuch. nitrogliceryn owe. Do grupy pierwszej należą: a) mieszaniny związków o własnościach wybuchowych, np. trotyl i heksogen w stosunku 40:60, tetrytol (trotyl i tetryl, 30:70) o dużej mocy z dodatkami flegmatyzatora, np. heksogen flegmatyzowany (ok. 5% mieszaniny parafiny, cerezyny i barwnika); b) mat. wybuch. plastyczne (heksogen i olej, 88:12); c) mieszaniny mat. wybuch. lub poszczególne związki wybuchowe z dodatkiem proszku aluminiowego, np. tritonal (trotyl i aluminium, 80:20), heksogen flegmatyzowany i aluminium (80:20), trialen 107 (trotyl, heksogen, aluminium, 50:20:30). W grupie drugiej rozróżnia się mat. wybuch., w których utleniaczami są: a) azotany, głównie azotan amonu (saletra amonowa), zawierające przynajmniej jeden składnik palny o własnościach wybuchowych; mieszaniny takie nazywane są amonitami, a w szczególnym przypadku amatolami (azotan amonu i trotyl) lub amonalami (azotan amonu, trotyl i proszek aluminiowy) albo niewybuchowymi składnikami palnymi, np. mieszaniny typu dynamonów (azo-

tan amonu, torf, mączka drzewna), proch czarny, a ostatnio w górnictwie saletrol (saletra amonowa i olej, 95:5); b) chlorany lub nadchlorany; c) ciekły tlen absorbowany, np. przez porowaty torf, tzw. oksylikwit. Grupę przejściową tworzą m.w. kruszące. zawierające ciekłe estry kwasu azotowego w ilości ponad 4%, np. nitroglicerynę, nitroglikol, a ponadto nitrocelulozę, mączkę drzewną i saletrę amonową lub potasową, np. mat. wybuch. górnicze (dynamity skalne, barbaryty powietrzne). Zagrożenie wybuchowe stwarzają praktycznie nie stosowane m.w. gazowe, stanowiące mieszaninę palnego gazu lub pary substancji lotnej z powietrzem, zwłaszcza jeśli stężenie składnika palnego będzie się mieścić między dolną a górną granicą wybuchowości, a mieszanina zostanie ogrzana do temperatury samozapłonu. Również zawieszony w powietrzu pył palny, np. węglowy, mączny, w granicach stężenia od dolnej 20—60 g/m³ do górnej 2—6 kg/m³ stanowi zagrożenie wybuchowe przy podpaleniu. Granice wybuchowości niektórych gazów i pary powietrza przedstawiono w tabeli.

Granice wybuchowości niektórych gazów i pary powietrza

Gaz lub para	Stężenie objętości (%)	
	dolna granica	górna granica
Amoniak	15,50	27,00
Acetylen	2,50	80,00
Wodór	4,00	74,00
Metan	5,00	15,00
Tlenek węgla	12,50	74,00
Benzen	1,40	7,10
Eter etylowy	1,85	36,50
Aceton	2,55	12,80

Mikołajczak Antoni, chemik, który w 1903 r. uzyskał patent na otrzymywanie dwuazotanu gliceryny. Zaproponował dodawanie go do nitrogliceryny w celu otrzymywania materiału o niższej temperaturze krzepnięcia, przy wytwarzaniu niemarznących dynamitów. Przez kilka lat wynalazek ten był stosowany w przemyśle.

minex, amerykański mat. wybuch. będący mieszaniną heksogenu, trotylu, saletry amonowej i proszku aluminiowego.

minol, mat. wybuch. będący mieszaniną trotylu, saletry amonowej i proszku aluminiowego w stosunku 40/40/20, o gęstości 1,70 g/cm³ i prędkości detonacji 6000 m/s.

minowanie, *przygotowywanie min* i ładunków mat. wybuch., uzbrajanie ich i zakładanie w wyznaczonych miejscach. Wynikiem m. jest ustawienie pola minowego, grup lub pojedynczych min albo zaminowanie obiektu (np. mostu). Wykonują to przeważnie wojska inżynieryjne, chociaż m. w niewielkim stopniu (np. dla osłony własnych pozycji i rejonów rozmieszczenia) mogą przeprowadzić także inne rodzaje wojsk, np. artyleria, wojska pancerne, zmechanizowane i inne. **M.** może być stałe lub manewrowe: stałe polega na tworzeniu pól minowych na rubieżach, określonych wcześniej ogólnym planem minowania, manewrowe natomiast na tworzeniu pól minowych w toku walki na rubieżach i kierunkach nie przewidzianych planem (miny układane są bezpośrednio na ziemi i nie maskowane). *M. manewrowe wykonywane* jest przez oddziały zaporowe.

miotający materiał wybuchowy, patrz materiał wybuchowy miotający.

MMH, stosowany w USA skrót nazwy mat. wybuch. monometylohydrazyna.

MMN, mieszanina 70% kwasu pikrynowego i 30% nitronaftalenu, stosowana we Francji w stanie stopionym do nalewania pocisków. Temperatura topnienia MMN wynosi 70—80°C.

MN, skrót nazwy mononitrotoluen.

MNA, stosowany w USA skrót nazwy mononitroanilina.

MNB, stosowany w USA i Wielkiej Brytanii skrót nazwy mononitrobenzol.

MNCrs, stosowany w USA skrót nazwy mononitrokrezol.

MNM, stosowany w USA skrót nazwy nitrometan.

MNN, stosowany w USA skrót nazwy mononitronaftalen.

MNT, skrót nazwy mononitrotoluen.

MNX, skrót nazwy mononitroksylol.

moc wybuchu, patrz równoważnik trotylowy wybuchu jądrowego.

monobel, amerykański mat. wybuch. o składzie: 10% nitrogliceryny, 80% saletry amonowej i 10% substancji wypełniających.

mononitrotoluen, $C_7H_7NO_2$, mat. wybuch.

Mościski Jan, ur. 1928 r., specjalista w dziedzinie fizyki wybuchu oraz technologicznych zastosowań mat. wybuch. Współautor pierwszych wybuchowych komór metalowych oraz pierwszych prób wybuchowego tłoczenia detali metalowych, za co uzyskał patent. Autor 5 innych patentów i wielu publikacji.



Mowbray George Mordey

Mowbray George, 1814—1891, Amerykanin, był pionierem w produkcji i zastosowaniu nitrogliceryny w Stanach Zjednoczonych. Jako pierwszy (1868) przy nitrowaniu gliceryny zastosował metodę mieszania sprężonym powietrzem, którą prawie od stu lat stosuje się także w krajach europejskich. M.G. pierwszy opublikował w USA książkę o mat. wybuch. W celu zwiększenia bezpieczeństwa podczas transportu nitrogliceryny zastosował przewożenie jej w bańkach blaszanych w stanie zamrożonym. Jednak zamrożona nitrogliceryna pozostawała groźnym mat. wybuch., a utrzymywanie jej w stanie stałym w trakcie transportu nastręczało duże trudności. Ostatecznie tego sposobu przewożenia zaniechano.

MOX, skrót nazwy amerykańskiego mat. wybuch. metal oxidizer explosive.

MOX 3B, *amerykański* mat. wybuch., o składzie: 47% aluminium, 29,1% heksogenu, 2% trotylu, 18% saletry potasowej, 0,9% wosku i 1% grafitu.

MP, francuska mieszanina kwasu pikrynowego i 12% parafiny.

Mrożewski Stefan, 1907—1972, inż., absolwent Politechniki Warszawskiej *(1931). W 1937r. rozpoczął pracę* w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*, a w 1938/39 objął stanowisko kierownika oddziału prochów nitrocelulozowych w tejże wytwórni. Po II wojnie świat. podjął pracę w Szkole Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, gdzie uzyskał nominację na profesora.

MTTC, mieszanina 55% kwasu pikrynowego, 35% trotylu i 10% trójnitrokrezolu. Temperatura topnienia wynosi 70—80°C. Stosowano ją we Francji w stanie stopionym do napełniania pocisków.

Mucha Adam, ur. 1922 r., specjalista w dziedzinie miotających mat. wybuch., w szczególności badań balistycznych stałych paliw rakietowych. Autor ok. 50 publikacji, 3 patentów.

Munroe C. E., autor pierwszej pracy na temat zjawiska kumulacji, przedstawionej w 1888 r. w *Scrobners Magazine*. Opisał on doświadczenia prowadzone nad działaniem ukształtowanych ładunków mat. wybuch.

Munroego efekt, zjawisko kumulacji (efekt kumulacyjny) w postaci

skupienia i ukierunkowania energii po zdetonowaniu odpowiednio ukształtowanego mat. wybuch. Nazwa pochodzi od nazwiska fizyka amerykańskiego Ch. E. Munroe, który w 1888 r. wyrył swoje nazwisko na bloku mat. wybuch. kruszącego i po przykryciu go płytą metalową spowodował detonację, uzyskując w wyniku działania efektu kumulacyjnego wgłębione odbicie napisu na płycie. Płyta ta przechowywana jest w muzeum w Filadelfii.

MVD, amerykańska mieszanina heksogenu, trotylu i plastyfikatora o składzie 75/15/10.

myrol, patrz azotan metylu.

N

nabit, szwedzki przemysłowy mat. wybuch. o składzie: 6% nitrogliceryny, 86% saletry amonowej, 3% aluminium, 5% stałego paliwa; prędkości detonacji 4500 m/s przy gęstości 1,12 g/cm³, cieple wybuchu 4420 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 904 l/kg.

nabój, podstawowa jednostka amunicji, na którą składają się wszystkie elementy niezbędne do oddania jednego strzału (n. strzelecki, n. artyleryjski, n. myśliwski) lub wywołania wybuchu (n. saperski, n. minerski).

nadchloran potasowy, $KClO_4$; bezbarwna substancja krystaliczna, o temperaturze topnienia 610°C, gęstości 2524 kg/m³, trudno rozpuszczalna w wodzie. N.p. ogrzany powyżej temperatury topnienia rozkłada się na KCl i O_2. Jest utleniaczem mocniejszym niż chloran potasowy $KClO_3$, będąc jednocześnie bardziej trwałym w trakcie przechowywania (nie wybucha od potarcia lub uderzenia). Otrzymywany jest w reakcji wymiany z $NaClO_4$ i KCl lub elektrolitycznie; stosowany jako składnik bezpiecznych mat. wybuch., utleniacz do stałych paliw rakietowych i innych.

nadchloranity, mat. wybuch. nadchloranowe, będące mieszaninami nadchloranu potasu (KClO), sodu (NaClO) lub amonu (NH_4ClO) z nitropochodnymi toluenu, naftalenu, mączką roślinną i nitrogliceryną.

nadchloratyt, mat. wybuch. zaliczany do nadchloranitów, zawierający 60—75% nadchloranu potasu, 20—30% nitrozwiązków, 3—6% nitrogliceryny i 1—5% mączki roślinnej.

nadtlenek sodowy, Na_2O_2; biała substancja krystaliczna, zwykle zabarwiona na żółto z domieszką ponadtlenku NaO_2. Topi się powyżej temperatury 596°C (z rozkładem). Pod wpływem wody rozkłada się na wodorotlenek sodowy NaOH oraz nadtlenek wodoru H_2O_2. Pochłania z powietrza wilgoć i dwutlenek węgla wydzielając tlen, dzięki czemu służy do regeneracji powietrza w zamkniętych pomieszczeniach, np. na okrętach podwodnych, statkach kosmicznych itp. Powstaje w trakcie spalania metalicznego sodu w suchym powietrzu. Stosowany w przemyśle jako środek utleniający, do bielenia tkanin, masy celulozowej, jako dodatek do mat. wybuch. zapalających i innych.

nadtlenek wodoru, H_2O_2; bezbarwna syropowata ciecz; temperatura topnienia —0,43°C, temperatura wrzenia 150,2°C (z rozkładem), gęstość 1450 kg/m³. Z wodą miesza się w każdym stosunku; 30% roztwór H_2O_2 nazywa się perhydrolem, 3% — wodą utlenioną. Czysty nadtlenek jest trwały, jednak pod wpływem najmniejszych zanieczyszczeń (np. soli Cu, Fe, Mn, substancji organicznych) lub promieniowania rozkłada się na wodór i tlen (niekiedy wybuchowo). Stężone roztwory n.w. zawierają dodatek stabilizatora chroniącego je przed przedwczesnym rozkładem. Wykazuje słabe własności kwasowe. W przemyśle stosowany jest jako pospolity utleniacz, np. do bielenia tkanin, masy celulozowej, jedwabiu i innych. Używany jest również w chemii analitycznej, w prze-

myśle organicznym do produkcji tworzyw piankowych i gumy porowatej, jako inicjator procesów polimeryzacji, jako utleniacz do paliw rakietowych, odnawiania starych obrazów itp. Stosowany także do napędu mechanizmów silników rakietowych na paliwo ciekłe jako paliwo — katergol.

nadtlenki, związki metali z tlenem charakteryzujące się obecnością jonu O_2^{2-}, zbudowanego z dwóch połączonych ze sobą atomów tlenu —O—O— (tzw. mostek tlenowy). Formalnie można uważać je za sole nadtlenku wodoru H_2O_2. Charakteryzują się silnym działaniem utleniającym; ogrzane wydzielają wolny tlen (niekiedy wybuchowo).

nadtlenki organiczne, związki, które można wyprowadzać z nadtlenku wodoru H·O·O·H przez podstawienie jednego lub obu atomów wodoru rodnikami organicznymi. Rozróżnia się: 1) wodorotlenki organiczne; alkilowe, ciecze o nieprzyjemnym zapachu, przeważnie nietrwałe, niekiedy wybuchowe; 2) właściwe n.o., powstające w wyniku samoutleniania się estrów; 3) nadtlenki kwasowe (np. nadtlenek benzoilu); ogrzewane samorzutnie wybuchają.

naftalen, $C_{10}H_8$, węglowodór aromatyczny o dwóch skondensowanych pierścieniach benzenowych. Białe, krystaliczne płatki; temperatura topnienia 80°C, wrzenia 218°C, sublimuje, nierozpuszczalny w wodzie. Ma własności związków aromatycznych, tworzy pochodne nitrowe, sulfinowe i chlorowcowe. Stosowany do syntezy różnych chemikaliów, barwników ftaleinowych, indyga, środków owadobójczych i wybuchowych, rozpuszczalników i innych.

NAGU, stosowany w USA skrót nazwy nitroaminoguanidyna.

napalm, paliwo ciekłe zagęszczone mieszaniną soli glinowych, kwasów naftenowych, palmitowych i tłuszczowych spreparowaną w postaci proszków. Zagęszczenie powoduje stabilność paliwa oraz umożliwia skupienie ognia, przez co uzyskuje się temperaturę do 1000°C. Stosowany jest w miotaczach ognia, bombach zapalających itp.

naphtite, francuska nazwa trójnitronaftalenu.

nastawa zapalnika, ustawienie działania zapalnika według określonego parametru (czasu, ciśnienia atmosferycznego lub hydrostatycznego itd.), zwykle w sposób mechaniczny przed strzałem (startem pocisku samolotu itp.) zależnie od rodzaju i położenia celu, do którego prowadzi się ogień. W przypadku zwalczania celów pociskami zaopatrzonymi w zapalniki uderzeniowe rozróżnia się nastawy zapalników na działanie: natychmiastowe, bezwładnościowe i ze zwłoką.

Nathan, chemik angielski, który udoskonalił sposób nitracji gliceryny. Polegało to na usunięciu separatora, gdyż oddzielenie kwasu od nitrogliceryny odbywało się w aparacie nitracyjnym, oraz na wprowadzeniu do nitracji dymiącego kwasu siarkowego. Sposób ten po raz pierwszy był zastosowany w 1903 r. przez fabrykę w Waltham-Abbey i niebawem został przyjęty przez wszystkie większe fabryki nitrogliceryny na kontynencie europejskim.

Nerdenfelda spłonka, patrz spłonka systemu Nerdenfelda.

Neuman E., autor złożonego w 1910 r. patentu na ładunek kumulacyjny z wkładką papierową lub metalową. Prawdopodobnie patent ten nie był poprzedzony pracami badawczymi.

new fortex, mat. wybuch. wytwarzany z tetrylu i saletry amonowej (Wielka Brytania).

NG, patrz nitrogliceryna.

NGc, stosowana w USA nazwa nitroglikolu.

niewybuch, ogólnie pocisk, granat, bomba lub ładunek kruszący, w którym mimo stworzonych warunków nie nastąpiła przemiana potencjalnej energii chemicznej materiału kruszącego w energię mechaniczną w wyniku złego zadziałania zapalnika, zmian chemicznych w materiale kruszącym itp. Sposoby obchodzenia się z n. oraz metody ich niszczenia regulują szczegółowo odpowiednie instrukcje. N. nie należy mylić z niewypałem.

niewypał: 1) brak wystrzału z nabitej broni palnej mimo zadziałania mechanizmu uderzeniowego (odpala-

jącego). Najczęstszymi przyczynami są: za małe wystawanie grota iglicy, osłabiona sprężyna uderzeniowa, zbyt głębokie osadzenie naboju w komorze nabojowej, zbyt głęboko osadzona spłonka (zapłonnik), zawilgocony proch, brak otworów (kanalików) ogniowych w dnie łuski itd. Ze względu na trudności w ustaleniu przyczyn n. należy zachować dużą ostrożność podczas rozładowywania broni; 2) nabój, który nie odpalił mimo zadziałania mechanizmu odpalającego.

niewypały materiałów wybuchowych, rozróżnia się niewypały całkowite i częściowe. Niewypał całkowity to cały ładunek mat. wybuch. nieodpalony. Niewypał częściowy jest wówczas, gdy zdetonuje tylko jego część. Istnieje wiele przyczyn niewypałów: całkowite powodowane są zazwyczaj błędami w zapalnikach elektrycznych, obwodzie strzałowym oraz źródłach prądu. Zarówno całkowite jak i częściowe niewypały są bardzo ważnym zagadnieniem pod względem bezpieczeństwa oraz ekonomiki. Mogą być spowodowane: wadami mat. wybuch., błędami podczas ładowania otworów strzałowych, efektem kanałowym lub wpływem sąsiednich otworów. Wady fabryczne polegają głównie na niedostatecznej wrażliwości mat. wybuch. na bodziec pobudzenia. Częściej zdarza się spadek wrażliwości wskutek nawilgocenia lub stwardnienia. Zasadnicze znaczenie ma opakowanie mat. wybuch., które powinno chronić je przed wilgocią. Najpospolitsze błędy popełniane podczas ładowania otworów strzałowych to: niedostateczne wyczyszczenie otworu, zaniechanie zmiękczania mat. wybuch. saletrzano-amonowych przed wprowadzeniem do otworu strzałowego, ładowanie mat. wybuch. do otworu uszkodzonego, niedosunięcie naboi do siebie, rozgniecenie naboi podczas ładowania, wadliwe założenie zapalnika elektrycznego. Usunięcie tych błędów jest łatwe. Trudniejszym zagadnieniem są niewypały powstające w wyniku działania efektu kanałowego oraz wpływu wybuchów ładunków w sąsiednich otworach strzałowych. Efekt kanałowy może powstać wówczas, gdy naboje o mniejszej średnicy (np. 32 lub 36 mm) wprowadzone są do otworów strzałowych o większej średnicy (np. 42 mm). W rezultacie tego istnieje w otworze nie zapełniona przestrzeń. Po wywołaniu detonacji ładunku mat. wybuch. w wolnej przestrzeni otworu strzałowego zaczyna przemieszczać się fala uderzeniowa, zaś za nią produkty wybuchu już zdetonowanej części ładunku. Prędkość fali uderzeniowej jest większa od prędkości detonacji tak, że pierwsza wyprzedza drugą. Fala uderzeniowa i produkty wybuchu oddziałują zatem na mat. wybuch. jeszcze nie zdetonowany i mogą doprowadzić go do stanu niewrażliwości detonacyjnej (zaprasowanie „na martwo"). Im mniejsza wrażliwość mat. wybuch., tym łatwiejszy zanik fali detonacyjnej w wyniku pojawienia się efektu kanałowego. Skutkom efektu kanałowego można zapobiec umieszczając lont detonacyjny, o prędkości detonacji większej niż prędkość fali uderzeniowej wytwarzanej przez większość górniczych mat. wybuch. Dzięki temu ładunek mat. wybuch. zostanie pobudzony zanim fala uderzeniowa zdąży spowodować niewypał. Niewypał, szczególnie częściowy, może powstać w wyniku detonacji ładunków w sąsiednich otworach strzałowych, gdy odległość między nimi jest odpowiednio mała. Zjawisko to jest niebezpieczne ze względu na możliwość deflagracji. Zazwyczaj w jednej serii odpala się większą ilość ładunków w otworach, od kilkunastu do nawet dwustu. Jeśli dwa otwory znajdują się dość blisko siebie, to ładunek detonujący w jednym otworze jako pierwszy może łatwo spowodować zaciśnięcie drugiego otworu, ogólnie mówiąc zdeformować i zagęścić ładunek mat. wybuch. w drugim otworze, powodując niewypał. Bezpieczna odległość między otworami strzałowymi zależy od rodzaju mat. wybuch. oraz rodzaju gruntu. W praktyce strzałowej zazwyczaj przyjmuje się odległość równą co najmniej 50 cm.

nigotanyaku, japoński mat. wy-

buch. będący mieszaniną heksogenu i trotylu.

NIGU, patrz *nitroguanidyna*.

niperyt, patrz pentryt.

nitrat 30, francuski przemysłowy mat. wybuch. o składzie: 11% trotylu, 80% saletry amonowej, 9% aluminium; prędkości detonacji 4300 m/s przy gęstości 1 g/cm³, cieple wybuchu 5500 kJ/ /kg, objętości gazów wybuchowych 791 l/kg.

nitroaminy, substancje organiczne zawierające jedną lub więcej grup nitrowych (—NO_2) związanych z cząsteczką przez atomy azotu (—N —NO_2). *Niektóre n., np. tetryl*, heksogen, oktogen, nitroamidyna, etylenodwunitroamina (EDNA), znalazły praktyczne zastosowanie jako mat. wybuch. N. różnią się od nitrozwiązków lepszym bilansem tlenowym, większą ilością gazowych produktów wybuchu. Pod względem mocy, trwałości chemicznej i wrażliwości zajmują miejsce pośrednie między nitrozwiązkami i estrami kwasu azotowego.

nitrobaronite B, handlowa nazwa francuskiego mat. wybuch.

nitrobenzen, $C_6H_5NO_2$, produkt otrzymywany w wyniku nitrowania benzenu. W trakcie tej reakcji jeden atom wodoru zostaje zastąpiony grupą NO_2. Jest to ciecz silnie trująca o żółtej barwie i zapachu gorzkich migdałów; temperatura wrzenia wynosi 210,9°C, temperatura krzepnięcia 5,7°C. Nie stosuje się go jako samodzielny mat. wybuch., lecz jako jego składnik.

nitroboncellite, handlowa nazwa belgijskiego mat. wybuch.

nitroceluloza, azotan celulozy, podstawowy składnik prochów bezdymnych; substancja wielkocząsteczkowa, nie występująca jako określony związek chemiczny, stanowi mieszaninę odmian estrów kwasu azotowego i celulozy różniących się własnościami fizycznymi i chemicznymi. Niejednorodność n. *wynika z różnego stopnia polimeryzacji* cząsteczek celulozy, różnego stopnia estryfikacji grup wodorotlenowych w celulozie oznaczonego procentową zawartością azotu. Maksymalna zawartość azotu w n. przy pełnej estryfikacji wynosi 14,4%. Otrzymuje *się ją przez działanie mieszaniną stężonych* kwasów azotowego i siarkowego na celulozę; do produkcji stosuje się bawełnę o krótkich (10—20 mm) włóknach zwanych „lintersem" lub uszlachetnioną celulozę drzewną. W zależności od warunków przebiegu procesu otrzymuje się różne rodzaje n. *Jest to biała lub lekko żółta włóknista* masa zachowująca strukturę wyjściową celulozy, o gęstości 1,65—1,66 g/cm³, umiarkowanie higroskopijna, nierozpuszczalna w wodzie, rozpuszczalna *w rozpuszczalnikach organicznych*: 1) lotnych, np. estrze, alkoholu etylowym, mieszaninie alkoholowo-eterowej, acetonie, octanie etylu; 2) trudno lotnych i nielotnych: estrach kwasu azotowego, np. nitroglicerynie, nitrozwiązkach, np. dwunitrotoluenie, kamforze, ftalanie dwubutylu. Rozpuszczalność i higroskopijność *n. zależy* od procentowej *zawartości* azotu. Pod wpływem rozpuszczalników, zwanych żelatynizatorami lub plastyfikatorami, tworzy ona roztwory koloidalne odznaczające się zwartością struktury, dużą elastycznością i wytrzymałością. Dobrze oczyszczoną n. przechowywaną w temperaturze pokojowej cechuje dostateczna trwałość chemiczna. Ślady kwasów, zasad, światło słoneczne, podwyższona temperatura, produkty rozkładu nitrocelulozy powodują wzrost szybkości rozkładu, który może *przejść w wybuch. Technologiczne* trwałość n. podwyższa się przez stabilizację w czasie produkcji i wprowadzenie do wyrobów substancji zwanych stabilizatorami (np. dwufenyloaminy) w celu neutralizacji katalitycznego działania produktów rozkładu. N. jest mat. wybuch. kruszącym o średniej mocy, w stanie suchym zapala się od ognia i tarcia; pali się bardzo szybko. Przy zawartości 30% wody jest dostatecznie bezpieczna. Łatwo ulega elektryzacji; naelektryzowana może się *zapalić. Żżelatynizowana* ma własności mat. wybuch. miotających. N. otrzymał H. Baconnet w 1833 r., dopiero jednak po opracowaniu przez F. Abbla metody stabilizacji przemysłowej znalazła ona

zastosowanie od 1868 r., początkowo jako mat. wybuch. kruszący w stanie sprasowanym do pocisków i min saperskich, zaś od 1879 r. również jako mat. wybuch. miotający. Zastosowanie n. zależy od zawartości azotu i wysokonitrowanej nitrocelulozy: używa się jej do wyrobu różnego rodzaju prochów bezdymnych, dynamitów; niskoznitrowanej — do produkcji celuloidu, sztucznej skóry, lakierów, blon fotograficznych.

nitrodwuetylenoglikol, mat. wybuch. o prędkości detonacji 6800 m/s przy gęstości 1,39 g/cm³, cieple wybuchu 1070 kcal/kg, temperaturze wybuchu 3600°C, objętości gazów wybuchowych 700 l/kg.

nitrogliceryna, trójazotan gliceryny $C_3H_5(ONO_2)_3$, ester kwasu azotowego i gliceryny, związek chemiczny o silnych własnościach wybuchowych otrzymywany przez działanie na glicerynę mieszaniną stężonych kwasów — azotowego i siarkowego w temperaturze około 25°C. Ciecz oleista o gęstości 1,6 g/cm³, bezbarwna (nitrogliceryna lecznicza żółtawa) o słodkawym palącym smaku, bez zapachu. Krystalizuje w dwóch odmianach: labilnej (nietrwałej) o temperaturze topnienia 1,9—2,2°C i stabilnej (trwałej) o temperaturze topnienia 13,2°C. Łatwo ulega przechłodzeniu i może występować w stanie ciekłym i temperaturach niższych od 0°C. W temperaturze 15°C trudno rozpuszczalna w wodzie, rozpuszczalna w rozpuszczalnikach organicznych. N. rozpuszcza nitrocelulozę tworząc roztwory koloidalne o dużej lepkości (żelatynizacja). Należy do bardzo silnych mat. wybuch., przewyższa mocą trotyl 1,5-krotnie, wrażliwość na bodźce mechaniczne ma podobną jak mat. wybuch. inicjujące (wybucha przy spadku 2 kg z wysokości ok. 4 cm), bardzo niebezpieczna w produkcji i użyciu. Dobrze oczyszczona jest trwała w temperaturze pokojowej, ogrzana natomiast do temperatury 75°C wykazuje już po paru dniach oznaki rozkładu. Stosowana jest głównie do produkcji prochów nitroglicerynowych oraz wieloskładnikowych mieszanin kruszących jak: dynamit, żelatyna wybuchowa; wchodzi w skład wielu innych mat. wybuch. w celu zwiększenia ich podatności na detonację. Po raz pierwszy otrzymana przez A. Sobrero w 1847 r., do produkcji przemysłowej wprowadzona przez A. Nobla w 1862 r. N. otrzymuje się przez działanie na cząsteczkę gliceryny trzech cząsteczek kwasu azotowego w obecności kwasu siarkowego. Proces produkcji n. składa się z trzech zasadniczych etapów: nitrowania gliceryny, separacji n. od kwasu odpadowego oraz stabilizacji n.

nitrogliceryna w medycynie, działanie fizjologiczne nitrogliceryny wykorzystywane jest w lecznictwie do szybkiego obniżania ciśnienia krwi. W tym celu podaje się doustnie kilka kropel 1% alkoholowego roztworu nitrogliceryny. Maksymalna dawka jednorazowa wynosi 0,1 mg nitrogliceryny, a maksymalna dawka dzienna — 0,3 mg. Obecnie do obniżania ciśnienia częściej stosuje się inne estry kwasu azotowego, np. czteroazotan erytrytu.

nitrogliceryna żelatynowa, nitrogliceryna żelatynowana bawełną kolodionową; spala się równomiernie przy ciśnieniu atmosferycznym i wyższym niż nitrogliceryna nieżelatynowana. Mieszanina nitrogliceryny z bawełną kolodionową w stosunku wagowym 93:7, po podgrzaniu w łaźni wodnej do temperatury około 50°C, tworzy galaretowate ciasto — żelatynę wybuchową.

nitroglicerynowe mat. wybuch. w pierwszych pracach wybuchowych, rozpoczęcie produkcji i pierwsze zastosowanie mat. wybuch. nitroglicerynowych do prac wybuchowych przypada na II połowę ub. stulecia. Był to okres bardzo dużego rozwoju przemysłu. Wzrastał udział konstrukcji żelaznych w budownictwie przemysłowym i komunikacyjnym. Powodowało to szybki wzrost produkcji hutniczej i stale wzrastające wydobycie węgla. W konsekwencji górnictwo węglowe i kopalnie rud stale poszukiwały bardziej skutecznych środków wydo-

bycia kopalin i dążyły do zastąpienia stosowanego dotychczas prochu czarnego innym, silniejszym i bardziej wydajnym mat. wybuch. Te same tendencje wystąpiły w wielkich pracach inżynieryjnych, związanych z budową sieci komunikacyjnej, kolei żelaznych, tuneli, kanałów i pogłębianiem portów. W tej sytuacji zwrócono uwagę na nitroglicerynę, znaną już od 1846 r. Początkowo nitrogliceryna nie znalazła przez wiele lat zastosowań w technice wybuchowej ze względu na niebezpieczeństwo podczas wytwarzania, transportu i posługiwania się nią. Dopiero pionierskie prace oraz pomysły Zinina i Pietruszewskiego (Rosja), Mowbraya (Ameryka Płn.), a szczególnie Liedbecka i Nobla pozwoliły na stopniowe opanowywanie tych trudności. W rezultacie opracowano wiele nitroglicerynowych mat. wybuch., stałych lub plastycznych, omijając w ten sposób trudności związane z ciekłym stanem nitrogliceryny. Pierwsze prace wybuchowe z ciekłą nitrogliceryną przeprowadził w Szwecji A. Nobel podczas budowy tuneli dla sztokholmskiej linii kolejowej w 1864 r., a w 1965 r. w Ameryce Płn. do tych samych celów wykorzystywano ciekłą nitroglicerynę importowaną z Europy. Przy pracach wybuchowych w płn. Walii zużyto w latach 1866—68 około 9 t ciekłej nitrogliceryny. W 1867 r. kpt. Sokół-Czerniłowski prowadził prace wybuchowe w kopalniach złota w Kraju Zabajkalskim stosując ciekłą nitroglicerynę. Nitroglicerynowe mat. wybuch. wykorzystano w Ameryce Płn. przy budowie linii kolejowej „Central Pacific" biegnącej przez pasmo górskie Sierra Nevada (Massachusetts) na trasie Boston—Albany. Prace powyższe i osiągnięte wyniki wzbudziły powszechne zainteresowanie nowym rodzajem mat. wybuch. Zastosowanie nitrogliceryny zapewniało szybkość i ekonomiczność prowadzonych prac. Np. podczas wiercenia wspomnianego tunelu Hoosac osiągnięto, przy zastosowaniu nitrogliceryny, dwukrotnie większą liniową szybkość drążenia niż w przypadku pracy z prochem czarnym. W kamieniołomach wydajność była wielokrotnie wyższa. Opłacalność robót osiągano mimo ówcześnie stosunkowo wysokiej ceny nitrogliceryny. Dalsze wynalazki w kierunku zastosowania nitrogliceryny do wyrobu mat. wybuch. nitroglicerynowych, a w szczególności wynalezienie dynamitu, żelatyny i mat. wybuch. saletrzano-amonowych zawierających nitroglicerynę, doprowadziły do jeszcze szerszego zastosowania tych materiałów w pracach inżynieryjnych. Stosując je przeprowadzono wiele prac, np. tunel St. Gothard długości 14 920 m między Göschenem a Airole, drążony przy użyciu dynamitu (w latach 1872—1880); tunel simploński długości 19 730 m między Brig (Szwajcaria) a Iselle (Włochy), drążony przy użyciu dynamitu; tunel Loetschberg długości 13 700 m między Brig a Bernem (Szwajcaria), drążony przy użyciu dynamitu i szedytu (1911); tunel „szczytowy" na transandyjskiej linii kolejowej między Chile a Brazylią (łączącej Valparaiso z Buenos Aires) długości 9933 stóp, drążony przy użyciu gelignitu i żelatyny wybuchowej na wysokości około 3200 m n.p.m. na południowym stoku Aconcagua; wysadzenie skał podwodnych przy Hellgate i umożliwienie nawigacji z portu nowojorskiego do Long Island (1876, 1885); tunel podmorski przy ujściu rzeki Severn w płd. Walii długości ok. 9 mil drążony przy użyciu dynamitu; pogłębienie i oczyszczenie ze skał koryta Dunaju przy Żelaznych Wrotach (1890—1896); przebicie Kanału Korynckiego na długości ok. 4 mil przy wysokości profilu wykopu około 95 m (1881—1893); budowa Kanału Panamskiego długości około 68 km, przy której zużyto 30 000 t dynamitu (w latach 1879—1890 oraz 1903—1914). W ostatnich latach zwiększył się rozmiar i zakres prac wybuchowych w wyniku zastosowania metody masowych wybuchów, polegającej na jednorazowym odpaleniu większych ładunków. Np. jednorazowy wybuch 257 t mat. wybuch. przy wysadzaniu przełęczy Barchatna (ZSRR — 1933), 1800 t w pobliżu

Korkine (Ural — 1936) i jednorazowy wybuch 4800 t mat. wybuch. w Chińskiej Republice Ludowej (1956). Niezależnie od prac inżynieryjnych zaczęto stosować nitroglicerynę i mat. wybuch. nitroglicerynowe w górnictwie węglowym i przy eksploatacji kopalń rud oraz minerałów. Zastosowanie tych materiałów wraz z rozwojem techniki górniczej przyczyniło się wydatnie do zwiększenia wydobycia węgla i rud. W okresie od 1850 do 1900 r. wydobycie węgla zwiększyło się w USA około 40-krotnie. Również intensywny wzrost wydobycia węgla obserwowało się w tym okresie także w innych państwach. Biorąc pod uwagę, że do wydobycia tony węgla zużywa się niewiele ponad 100 g mat. wybuch., zaś wybuch jednego kg dynamitu daje około 3 m^3 urobku w kamieniołomach i około 0,5 m^3 przy pracach związanych z budową tuneli, widać, jak wielkie jest zużycie mat. wybuch. i jaką pozycję zajmuje ten przemysł w gospodarce światowej. Według źródeł oficjalnych, łączna produkcja dynamitów w 26 wytwórniach USA w 1957 r. wyniosła 400 000 t. Ocenia się, że przemysł węglowy zużywa rocznie 150 000 t różnych mat. wybuch. Przyjmuje się, że około 90% ogólnej ilości mat. wybuch. przemysłowych stanowią mat. wybuch. zawierające nitroglicerynę.

nitrogliceryny separacja, operacja wprowadzona w 1877 r. w celu oddzielenia nitrogliceryny od kwasu odpadkowego przez odstawanie. Skonstruowano różne typy aparatów — rozdzielaczy (separatorów, odstojników). Szybkość separacji zależy od czystości materiałów wyjściowych oraz intensywności mieszania podczas procesu nitrowania. W trakcie separacji na powierzchni kwasu odpadkowego zbiera się warstwa nitrogliceryny. Nie jest to jeszcze czysty produkt, gdyż zawiera ok. 10% kwasów.

nitrogliceryny stabilizacja, operacja technologiczna, której poddawana jest odseparowana nitrogliceryna po przepłukaniu zimną wodą. Polega na przemywaniu ciepłym roztworem węglanu sodowego lub amoniaku, co prowadzi do szybkiego, całkowitego jej zobojętnienia.

nitroglikol, ciekły mat. wybuch., stosowany obecnie w produkcji dynamitów i prochów bezdymnych. Jest to bezbarwna ciecz o własnościach wybuchowych bardzo zbliżonych do nitrogliceryny, ale o nieco mniejszej wrażliwości na pobudzenie do detonacji pod wpływem wstrząsów.

nitroguanidyna, $CH_4O_2N_4$, związek chemiczny o własnościach wybuchowych z grupy nitroamin. Jest to biała substancja krystaliczna o temperaturze topnienia 232°C, gęstości 1,72 g/cm^3. Ze względu na małe ciepło wybuchu i niską temperaturę płomienia n. znalazła szerokie zastosowanie podczas II wojny świat. jako składnik prochów nitroglicerynowych bezbłyskowych i małoerozyjnych.

nitrohydren, mat. wybuch. otrzymywany przez nitrowanie roztworu cukru w glicerynie dynamitowej. Zależnie od zawartości cukru w glicerynie produkt nitracji nazwano nitrohydren 80/20 lub nitrohydren 75/25. Siła wybuchu ich jest zbliżona do nitrogliceryny, zaś trwałość mniejsza.

nitrolit, szwedzki mat. wybuch. (przemysłowy) o składzie: 12% trotylu, 6% nitrogliceryny, 76% saletry amonowej, 20% aluminium, 4% stałego materiału pędnego oraz prędkości detonacji 5200 m/s przy gęstości 1,15 g/cm^3, cieple wybuchu 4480 kJ/kg.

nitromanit, $C_6H_8N_6O_{18}$, mat. wybuch. o prędkości detonacji 8260 m/s *przy gęstości 1,73 g/cm^3, cieple wybuchu* 1525 kcal/kg, objętości gazów wybuchowych 755 l/kg.

nitrometan, CH_3NO_2, bezbarwna ciecz palna o temperaturze wrzenia 101°C, stosowana jako paliwo ciekłe do napędu rakiet. Jest mało wrażliwy na uderzenie i tarcie oraz trudno detonuje.

nitronaftalen, czysty alfa-nitronaftalen, składnik mieszanin wybuchowych (np. mieszanin topliwych z kwasem pikrynowym, mieszanin amonosaletrzanych albo chloranowych).

nitropenta, patrz pentryt.

nitroskrobia, mieszanina *azotanów* skrobi; mat. wybuch. otrzymywany w wyniku działania kwasu azotowego na skrobię. Z powodu małej trwałości nie znalazła szerszego zastosowania.

nitrotoluen, nitrozwiązek toluenu, powstały przez wprowadzenie podczas procesu nitrowania toluenu jednej grupy (NO_2) zamiast jednego atomu wodoru. Nie jest stosowany jako samodzielny mat. wybuch., lecz dodawany do innych.

nitrowanie, reakcja chemiczna polegająca na wprowadzeniu do związków chemicznych jednej lub kilku grup nitrowych (—NO_2). Powstają przy tym nitrozwiązki, w których grupa nitrowa związana jest bezpośrednio z węglem (C—NO_2), estry kwasu azotowego, w których grupa nitrowa wiąże się z węglem poprzez tlen (C—O—NO_2) lub nitroaminy, w których grupa nitrowa związana jest z azotanem (N—NO_2). N. stosowane jest m.in. w produkcji większości współczesnych mat. wybuch.

nitrozwiązki, substancje organiczne mające w swojej strukturze jedną lub kilka grup nitrowych (—NO_2) związanych bezpośrednio z atomami węgla: C—NO_2. Dzielą się na n. aromatyczne i alifatyczne. Niektóre *wielonitrowe n. aromatyczne* (trotyl, kwas pikrynowy, trójnitroksylen, dwunitronaftalen i inne) znalazły zastosowanie jako *mat. wybuch. kruszące.* Cechuje je duża trwałość chemiczna i na ogół mała wrażliwość na bodźce *mechaniczne. N. alifatyczne, jak: nitrometan,* czteronitronaftalen wchodzą w skład ciekłych paliw rakietowych.

„*Nitrat*" *Polskie Zakłady Chemiczne,* z siedzibą w Niewiadowie (w województwie piotrkowskim, niedaleko Tomaszowa Mazowieckiego). Była to wytwórnia prywatna współpracująca z Departamentem Uzbrojenia Min. Spraw Wojskowych w charakterze wyłącznego dostawcy trotylu dla wojska. Trotyl produkowano wg zakupionej licencji od włoskiej firmy *Bombrini-Parodi-Delfino.* Była to metoda dwufazowa, polegająca na otrzymywaniu w pierwszej fazie dwunitrotoluenu, *zaś w drugiej trójnitrotoluenu.* Fabryka produkowała bezpośrednio na rzecz Centrali Odbioru Materiałów Uzbrojenia *(COMU). W latach 1935—39* dyrektorem fabryki był inż. Żaboklicki, kierownikiem produkcji inż. Henryk Bonaszewski, zaś kierownikiem Ekspozytury COMU ze zleconym odbiorem produkowanego w niej trotylu inż. Edward Tęsiorowski.

NM, skrót nazwy nitrometan.

N2N, francuska mieszanina 50% saletry amonowej, 30% saletry sodowej i 20% trotylu.

Nobel Alfred Bernard, 1833—1896, szwedzki chemik i przemysłowiec; twórca przemysłu mat. wybuch. Pierwszy z powodzeniem produkował i stosował



Nobel Alfred Bernard

nitroglicerynę jako środek wybuchowy. W 1866 r. opracował metodę wytwarzania dynamitu. Zbudował fabryki *dynamitu w Niemczech, Wielkiej Brytanii,* Francji i Włoszech. Badał także żelatynę wybuchową, dynamit żelatynizowany, *balistyt. Produkcję dynamitu* rozpowszechniono w różnych częściach świata i w okresie 1867—1872 wzrosła ona z *11* do *1350* t. *Jest znamienne, że* A. Nobel, człowiek o nastawieniu pacyfistycznym, zgłosił około 350 wniosków patentowych w zakresie produkcji organicznych mat. wybuch. Główną część olbrzymiego majątku, który zdobył na fabrykowaniu odkrytych przez sie-

bie mat. wybuch., przeznaczył na ufundowanie nagrody przyznawanej corocznie uczonym i działaczom za wybitne osiągnięcia w dziedzinie chemii, fizyki, medycyny i fizjologii, literatury oraz działalności na rzecz zbliżenia między narodami (nagroda pokojowa). Z dochodów fundacji N. przyznaje się corocznie 5 równych co do wielkości międzynarodowych *Nagród Nobla*, które wręczane są w Sztokholmie i Oslo 10 grudnia, w rocznicę śmierci fundatora.

nobelit, francuski przemysłowy mat. wybuch. o składzie: 20% nitrogliceryny, 1,6% nitrocelulozy, 60% $NaNO_3$, 14% nitrozwiązków aromatycznych, 4,4% stałego materiału pędnego, prędkości detonacji 6200 m/s, gęstości 1,32 g/cm^3, cieple wybuchu 4200 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 459 l/kg.

noburex, handlowa nazwa francuskiego mat. wybuch.

Nowaczewski Jerzy, ur. 1944r., doktorat na temat zawiesinowych mat. wybuch. (1977), specjalista w dziedzinie zastosowań mat. wybuch. w przemyśle oraz technologii mat. wybuch. zawiesinowych. Autor 30 publikacji, współautor 10 patentów.

Nowak Henryk, ur. 1929 r., doktorat na temat badań strumieni kumulacyjnych o dużej energii właściwej (1966), praca habilitacyjna na temat badań wnikania strumienia kumulacyjnego w przegrodę (1971). Specjalista w dziedzinie zjawiska kumulacji energii i jego wykorzystania; obecnie zajmuje się problemami biofizyki. Autor ok. 120 publikacji naukowych, 5 patentów. Współautor książki *Ładunki kumulacyjne w wojsku, górnictwie i przemyśle.*

Nowak Marian, ur. 1931 r., doktorat na temat badań nad syntezą i własnościami alkilo-arylosulfonianów naftowych. Autor 10 publikacji naukowych, 10 patentów. Specjalista w dziedzinie technologii i konstrukcji aparatury do produkcji mat. wybuch.

NQ, nitroguanidyna.

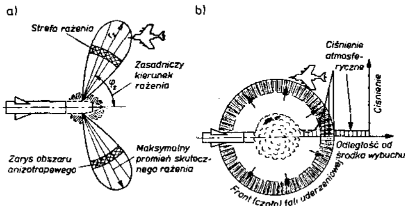
NT, mieszanina 30% trotylu i 70% saletry amonowej.

NTNT, mieszanina 20% trotylu i 80% saletry amonowej.

O

objętość właściwa gazów prochowych, objętość zajmowana przez gazowe produkty spalania jednostki masy prochu w warunkach normalnych (temperatura 0°C, ciśnienie 750 mm słupa rtęci) przy założeniu, że woda wchodząca w skład gazów prochowych występuje w postaci pary. Dla większości stosowanych prochów wynosi prawie 1000 dcm³/kg. Jest ważną *charakterystyką balistyczną prochu.*

obszar rażenia głowicy, obszar otaczający głowicę bojową, w którym cele mogą być rażone energią wybuchu ładunku bojowego lub elementami rażącymi (odłamkami, kulkami itd.) W zależności od rodzaju ładunku bojowego oraz materiału i geometrii osłony (skorupy), a ponadto ośrodka, w którym nastąpi wybuch, można uzyskać izotropowy (w przybliżeniu) o.r.g. powstający podczas wybuchu głowic burzących lub nuklearnych (np. w warunkach stacjonarnych na pewnej wysokości nad powierzchnią ziemi), obszar anizotropowy natomiast — przy wybuchu głowic odłamkowych, kulkowych, kumulacyjnych itd. Ponadto inny kształt i wymiary będzie miał *obszar w warunkach stacjonarnych,* a inny na torze lotu pocisku. Z chwilą wybuchu ładunku bojowego energia rażenia nie wypełnia materialnie całego obszaru rażenia, lecz jest zawarta w pewnej strefie, przemieszczającej się z prędkością równą prędkości rozprzestrzeniania się energii. Wraz ze wzrostem odległości od miejsca (pun-

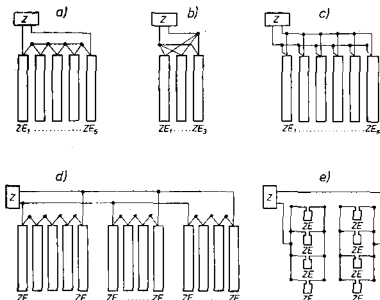


Schemat obszaru rażenia głowicy bojowej:
a) anizotropowy obszar rażenia głowicy odłamkowej, b) izotropowy obszar rażenia głowicy burzącej

ktu) wybuchu wymiary strefy ulegają zwiększeniu, przy równoczesnym zmniejszeniu się gęstości strumienia energii i jej intensywności. O.r.g. istnieją w pewnym przedziale czasowym. Do chwili wybuchu ładunku bojowego są to obszary (strefy) hipotetyczne (poruszające się wraz z pociskiem na torze lotu), określające potencjalne możliwości energetyczne ładunku bojowego w aspekcie niszczącego działania skierowanego na różne obiekty — cele. Obszar skutecznego rażenia głowicy bojowej zależy od wielu cech konstrukcyjnych głowicy i celu, rodzaju i własności materiału osłony ładunku, geometrii osłony, sposobu pobudzenia wybuchu, odporności celu na działanie energii rażącej głowicy itp.

obszar wybuchów niebezpiecznych, część przestrzeni, w której wybuch może spowodować rażenie określonych celów.

obwody strzałowe, obwody elektrycznego odpalania; składają się z zapalnika elektrycznego, źródła energii elektrycznej oraz linii strzałowej, tzn. przewodów strzałowych. Stosuje się cztery zasadnicze sposoby połączeń zapalników elektrycznych: szeregowe, równoległe, szeregowo-równoległe, równoległo-szeregowe. W połączeniach szeregowych zapalniki łączy się kolejno jeden za drugim (rys. a). Jest to sposób najłatwiejszy i najczęściej stosowany. Przerwa w obwodzie strzałowym powoduje całkowity niewybuch (niewypał). Zapalniki elektryczne muszą posiadać jednakowe parametry, gdyż w przeciwnym przypadku zapalnik najbardziej wrażliwy detonuje wcześniej i może przerwać obwód powodując niewypał pozostałych. Jest to tym bardziej prawdopodobne, im więcej zapalników elektrycznych wchodzi w skład połączenia szeregowego. Nie jest wskazane łączyć szeregowo więcej niż 20 zapalników elektrycznych. Wymagana jest dobra izolacja obwodu strzałowego, gdyż upływy prądu do ziemi powodują niewypały. Zaletą jest prosty montaż i możliwość kontroli poprawności obwodu za pomocą omomierza. W równoległym sposobie łączenia zapalniki elektryczne są równolegle włączane do obwodu strzałowego. Stosuje się dwa sposoby połączenia równoległego: skupione i rozłożone. Połączenie skupione polega na przyłączeniu wszystkich zapalników do dwóch punktów linii odpalania (rys. b). Stosuje się je tylko przy małej liczbie zapalników odpalanych jednocześnie. W przypadku łączenia równoległego rozłożonego zapalniki łączy się tak jak pokazano na rys. c. Łączenie to ma ogromne zalety w warunkach dużej wilgotności. „Bocznikowanie" obwodu strzałowego nie stwarza zagrożenia zaistnienia niewypałów, jak w przypadku łączenia szeregowego. Niejednoczesność zadziałania poszczególnych zapalników nie odgrywa tutaj tak dużej roli. Przerwanie mostka jednego zapalnika elektrycznego powoduje niewypał tylko jednego ładunku. Wadą tego sposobu łączenia jest skomplikowana budowa i konieczność stosowania zapalarek o dużej mocy. Kontrola obwodu strzałowego za pomocą omomierza jest praktycznie niemożliwa i nieskuteczna. Szeregowo-równoległy sposób łączenia polega na tym, że grupy zapalników połączone szeregowo łączy się równolegle do linii (obwodu) strzałowej (rys. d). Zaletami tego sposobu są: 1) możliwość odpalenia dużej liczby zapalników przy użyciu zapalarki o średniej mocy i stosunkowo niskim napięciu; 2) przewody strzałowe nie muszą charakteryzować się szczególnie niskim oporem. Wadami są skomplikowany sposób łączenia i niemożność kontroli poprawności obwodu za pomocą omomierza. W równoległo-szeregowym sposobie łączenia grupy zapalników są połączone równolegle, zaś połączenie między grupami jest szeregowe (rys. c). Sposób ten jest stosowany bardzo rzadko, ze względu na konieczność użycia jednakowej liczby zapalników w każdej grupie. Łączenie przewodów zapalnikowych powinno być wykonane przez skręcenie czystych końcówek przewodów zapalnikowych, a w celu zapewnienia poprawnej izolacji na wykonane połączenie nasunięte tzw. szybkozłącze.



Połączenia zapalników elektrycznych:
a) szeregowe, b) równoległe, c) równoległe rozłożone, d) szeregowo-równoległe, e) równolegio-szeregowe

Jest to metalowa rurka pokryta na zewnątrz izolacją z tworzywa sztucznego. Połączone końce przewodów zapalnikowych wsuwa się do rurki, którą następnie zgina się. Izolacja połączeń może być wykonana również taśmą izolacyjną.

octol, mieszanina oktogenu i trotylu w stosunku 70/30 oraz 75/25. Prędkość detonacji o. 70/30 wynosi 8377 m/s przy gęstości 1,80 g/cm³; objętość gazów wybuchowych 847 l/kg, ciepło wybuchu 1074 kcal/kg. W przypadku o. 75/25 prędkość detonacji wynosi 8643 m/s przy gęstości 1,81 g/cm³; objętość gazów wybuchowych 830 l/kg, ciepło wybuchu 1131 kcal/kg.

odległość bezpieczna, minimalna odległość od ładunku mat. wybuch., od której wybuch ładunku nie wywiera szkodliwego działania na chronion y obiekt. Zależnie od rodzaju działania wybuchu wyróżnia się o.b. ze względu na: działanie fali uderzeniowej, działanie odłamków powstałych w ośrodku *wybuchu, przeniesienie detonacji* na inny mat. wybuch., działanie fali sejsmicznej w gruncie. O.b. ze względu na działanie fali uderzeniowej wyrażana jest w metrach; zależy od rodzaju chronionego obiektu, masy ładunku mat. wybuch. i sposobu jego umieszczenia. Jako o.b. dla człowieka przyjmuje się wartość (5—10)·a, gdzie a jest pierwiastkiem kwadratowym z masy mat. wybuch. w kg, dla ludzi zaś ukrytych np. w okopach, odległość ta może być zmniejszona 1,5-krotnie. O.b. ze względu na działanie odłamków określa się doświadczalnie w zależności od rodzaju gruntu, ilości i położenia ładunku mat. wybuch. w gruncie, rodzaju pracy strzałowej. O.b. ze względu na przeniesienie detonacji *określa się minimalną odległością* wyrażoną w metrach, na jakiej wybuch mat. wybuch. (ładunek aktywny) nie wywoła detonacji ładunku chronionego

Rodzaj możliwych zniszczeń w funkcji odległości

Stopień bezpieczeństwa i rodzaj zniszczeń spowodowanych wybuchem	Odległość w m od miejsca umieszczenia ładunku mat. wybuch.	
	na powierzchni	w gruncie x
I — brak zniszczeń	(50—150) a	(10—40) a
II — przypadkowe zniszczenie oszklenia	(10—30) a	(5—9) a
III — całkowite zniszczenie oszklenia, częściowe uszkodzenie ram okiennych, drzwi, tynku i lekkich ścian działowych	(5—8) a	(2—4) a
IV — zniszczenie ścian działowych, ram okiennych, drzwi, baraków, szop itp.	(2—4) a	(1,1—1,9) a
V — zniszczenie lekkich budynków drewnianych i murowanych, przewrócenie zestawów kolejowych, uszkodzenie przewodów elektrycznych	(1,5—2) a	(0,5—1) a
VI — zniszczenie wytrzymałych ścian murowanych, całkowite zburzenie urządzeń komunikacyjnych, uszkodzenie mostów kolejowych i nasypów	1,4 a	zniszczenie w granicach leja

Uwaga:
a — pierwiastek drugiego stopnia z masy ładunku w kg.
x — zagłębiony w gruncie na głębokość równą wysokości ładunku wybuchowego

(ładunek pasywny). O.b. ze względu na działanie fali sejsmicznej zależy od ilości mat. wybuch. (proporcjonalnie do pierwiastka sześciennego z ilości mat. wybuch. w kg) oraz od rodzaju gruntu w rejonie ochranianego obiektu.

odpalenie, spowodowanie zapalenia ładunku mat. wybuch., ładunku miotającego w nabojach lub materiału pędnego w silnikach pocisków rakietowych. O. stosowane w wojskach inżynieryjnych może być: ogniowe, elektryczne, mechaniczne i detonacyjne. Środkami ogniowego o. ładunku są: spłonka pobudzająca, lont prochowy, lont wybuchowy, knot tlący, środki zapalające itp. O. elektryczne ładunku stosowane jest w celu jednoczesnego zdetonowania kilku ładunków lub w celu zapalenia ładunku w ściśle określonym momencie czasowym i z dowolnej odległości. Do środków o. elektrycznego ładunku należą: zapalniki elektryczne, przewody łączące źródło prądu (np. zapalarkę lub baterię) z zapalnikiem, elektryczne przewody pomiarowe i kontrolne. Sieć przewodów łączących zapalniki elektryczne ze źródłem prądu nazywa się elektryczną siecią wybuchową (niekiedy obwodem strzałowym, trasą elektrycznego odpalania, magistralą odpalania itd.). Zapalniki elektryczne w sieci wybuchowej mogą być połączone szeregowo, równolegle lub w sposób kombinowany (patrz obwody strzałowe). O. mechaniczne ładunku odbywa się za pomocą zapalników mechanicznych powodujących wybuch spłonki pobudzającej przez nacisk mechaniczny. O. detonacyjne ładunku polega na przeniesieniu detonacji na odległość. Zdetonowanie ładunku aktywnego powoduje wybuch umieszczonego w pewnej odległości ładunku biernego. Ten rodzaj o. stosuje się przy wyburzaniu grupy obiektów lub przedmiotów, np. pali w podporze mostu.

odprowadzanie gazów prochowych, jeden z podstawowych sposobów wykorzystania energii gazów procho-

wych w przewodzie lufy broni palnej do napędzania mechanizmów broni automatycznej.

ognie sygnałowe, źródła sygnałów świetlnych wykorzystywanych jako środki łączności wizualnej zarówno w nocy, jak i w dzień. Odpowiednią masą pirotechniczną napełnia się różną amunicję sygnalizacyjną (naboje sygnałowe kal. 26 mm, granaty sygnałowe, karabinowe pociski sygnałowe). Wytwarza ona barwne ognie. Najczęściej stosuje się masy dające o.s. o barwie czarnej, żółtej, zielonej i białej. Składnikami o.s. są: utleniacze, substancje palne, lepiszcza i sole barwiące płomień.

ogrzewanie, doprowadzanie ciepła do ośrodka w celu uzyskania lub utrzymania żądanej temperatury albo zmiany stanu skupienia. Wymiana ciepła między źródłem ciepła a ośrodkiem ogrzewanym może być realizowana przez przewodzenie, konwekcję lub promieniowanie.

oksylikwit, ciekłe powietrze, mieszanina wybuchowa *ciekłego* tlenu z substancją palną, np. sadzą, węglem drzewnym, torfem, mączką drzewną, sporządzona bezpośrednio przed użyciem. W zależności od substancji palnej i zawartości tlenu własności wybuchowe o. zmieniają się od miotających do silnie kruszących. O. szybko traci własności wybuchowe ze względu na bardzo dużą lotność tlenu (temperatura wrzenia —183°C). Wrażliwy na płomień, iskrę, uderzenie, niezawodnie detonuje od spłonki pobudzającej z azydkiem ołowiu oraz lontu detonującego; ma najwyższe ciepło wybuchu 6688—9614 kJ/kg (1600—2300 kcal/kg), prędkość detonacji 2000—5000 m/s przy gęstości 0,9—1,2 g/cm³. Stosowany jest jako mat. wybuch. górniczy. W kopalniach stosowano dotąd termin „ciekłe powietrze", co było zwyczajową nazwą techniczną. Naboje, zwane w tym przypadku patronami, były wykonywane z wyżej podanych substancji palnych, zawiniętych w papier. Patrony te *nasyca się ciekłym tlenem przez* włożenie do naczynia napełnionego ciekłym powietrzem. Początkowo naboje są tylko częściowo zanurzone w ciekłym denie, po czym w miarę nasycania toną. Ciekły tlen wytwarzano w zakładach górniczych zazwyczaj metodą Lindego. Do transportu ciekłego tlenu, jak również do nasycania naboi, używa się naczyń *Dewara*; są to termosy o podwójnych ściankach, między którymi wytwarza się próżnia. Ze względu na szybkie parowanie ciekłego tlenu czynności załadowania otworów strzałowych patronami i zakładania przybitki strzałowej należy przeprowadzać bardzo szybko. Mączka drzewna pochłania trzy razy większą wagowo ilość tlenu, mączka korkowa sześć razy więcej, sadza osiem razy więcej. Żywotność patronów w zależności od ich składu może wahać się od 7 do 20 minut. O. jest mat. wybuch. skalnym. Patrony wykonane z sadzy detonują z prędkością 6000 m/s i odpowiadają siłą wybuchu dynamitom skalnym. Może być również stosowany do drążenia tuneli. W okresie I wojny świat. i przez kilka następnych lat o. stosowano także do prac węglowych. W Polsce używane do tego celu patrony zawierały tylko około 20% mączki drzewnej, a 80% soli kuchennej. Oprócz tego na dno otworu oraz od strony przybitki strzałowej wkładano kawałki lodu. Miało to na celu obniżenie temperatury. O. nie stosuje się od dawna w kopalniach głębinowych.

oktogen, HMX, CH_2NNO_2, cyklocztermetyloczteronitroamina, kruszący *mat. wybuch.* o własnościach chemicznych i wybuchowych zbliżonych do heksogenu. Ze względu na wysoką temperaturę topnienia (278,5—280°C) oraz znaczną odporność na działanie czynników termicznych używany jest w technice wiertniczej głębokich otworów. O. osiąga prędkość detonacji 9100 m/s przy gęstości 1,84 g/cm³, dlatego znalazł zastosowanie w mieszaninach wybuchowych z trotylem (pod nazwą oktol) do napełniania głowic rakietowych pocisków przeciwpancernych.

oktol, patrz oktogen.

olej wybuchowy, patrz nitrogliceryna.

onayaku, japońska nazwa mieszaniny kwasu pikrynowego i dwunitronaftalenu.

Onderka Zbigniew, ur. 1931 r., doktorat na *temat urabiania skał za* pomocą mat. wybuch. (1965), praca habilitacyjna na temat szkód sejsmicznych powodowanych robotami strzałowymi (1971). Nominacja na profesora Akademii Górniczo-Hutniczej w 1981 r. Specjalista w dziedzinie robót strzałowych i szkód w górnictwie spowodowanych wybuchem. Autor ponad 60 publikacji naukowych.

opóźniacz, część składowa zapalnika ze zwłoką, powodującą opóźnienie wybuchu pocisku, bomby, granatu itp. O. mogą być pirotechniczne (prochowe), mechaniczne i gazodynamiczne. O. pirotechniczny wykonany jest w postaci słupka ze sprasowanego prochu czarnego lub mieszaniny pirotechnicznej. Zapalenie się spłonki zapalającej (zapału elektrycznego) w zapalniku (np. wskutek uderzenia pocisku, bomby itp. o przeszkodę) wywołuje zapalenie o. pirotechnicznego, który zapewnia *odpowiedni czas zwłoki, wymagany n*a przejście ognia od spłonki do innych elementów ogniowych i detonowanych zapalnika. O. mechaniczny wykonany jest w postaci różnych mechanizmów (m.in. mechanizmów zegarowych), których działanie zaczyna się w chwili uderzenia pocisku o przeszkodę. O. gazodynamiczny ma *kształt* krążka z kalibrowanymi otworami i jest umieszczony w zapalniku na drodze przejścia płomienia (gazów) od spłonki zapalającej do innych elementów ogniowych zapalnika, co utrudnia przenikanie gazów i powoduje zwłokę w działaniu zapalnika.

opóźniacz bezgazowy (małogazowy), opóźniacz pirotechniczny, w którym czas opóźnienia odmierzany jest spalaniem ścieżki, wykonanej z wolnopalnej masy pirotechnicznej, wytwarzającej stosunkowo małą ilość gazów przy spalaniu. Może pracować w zamkniętej przestrzeni bez dopływu powietrza i bez odprowadzania produktów spalania. Opóźniacze te stosowane są w pirotechnicznych zapalnikach czasowych.

opóźniacz prochowy, opóźniacz pirotechniczny, w którym czas opóźnienia odmierzany jest spalaniem ścieżki prochowej (prochu czarnego). Składa się z zapłonnika, ekranu, ładunku opóźniającego i ładunku wzmacniającego. Stosowanie o.p. wymaga odprowadzania dużych ilości gazów.

opóźnienie wystrzału: 1) czas od momentu uruchomienia mechanizmu spustowego (odpalającego) do momentu wylotu pocisku z przewodu lufy; 2) okres od podania komendy „ognia" do wystrzału.

opóźnienie zapłonu: 1) zwiększenie czasu od momentu zbicia spłonki do chwili zapalenia się ładunku miotającego, spowodowane np. zawilgoceniem prochu, niewłaściwie wykonanymi lub zanieczyszczonymi kanałami w dnie łuski itp.; 2) nienormalne zwiększenie czasu od momentu zapalenia podsypki zapłonowej w silniku rakietowym do rozpoczęcia normalnej pracy przez silnik.

Ostrowski Tomasz, ur. 1936 r., specjalista w dziedzinie ochrony przeciwpożarowej i przeciwwybuchowej. Autor 18 publikacji oraz książki pt. *Wybuchy pyłów w przemyśle.*

otwór strzałowy, cylindryczny otwór wykonany w ziemi, skale lub obiekcie, przeznaczony do założenia i odpalenia ładunku mat. wybuch.

oxytetryl, trójnitrometylonitroaminofenol.

P

PA, francuski skrót nazwy kwasu pikrynowego.

paliwo, materiał stosowany jako źródło ciepła (lub pośrednio energii mechanicznej i elektrycznej) wykorzystywanego do celów przemysłowych, technologicznych, transportowych i bytowych. W skład p. wchodzą: substancja palna, złożona ze związków chemicznych węgla (C), wodoru (H) i siarki (S), oraz stanowiące balast substancje mineralne (popiół) i wilgoć. P. służące do spalania zewnętrznego nazywa się opałowe, zaś do spalania wewnętrznego — napędowe. Zależnie od stanu skupienia rozróżniamy p.: stałe, ciekłe i gazowe, zaś w zależności od pochodzenia — naturalne, sztuczne i odpadowe. *Odrębnym jest p.* jądrowe, będące źródłem energii jądrowej.

paliwo hybrydowe, dwuskładnikowe paliwo rakietowe o różnym stanie fizycznym składników, np. substancja palna w stanie stałym, a utleniacz w stanie ciekłym lub odwrotnie. Stosowanie p.h. umożliwia stosunkowo łatwą regulację siły ciągu, podobnie jak w przypadku paliw płynnych.

paliwo jednorodne, rakietowy stały materiał pędny, w którym substancja palna tworzy związek chemiczny z utleniaczem. Podstawowymi składnikami wyjściowymi w produkcji paliw jednorodnych są nitroceluloza i nitrogliceryna lub dwunitrodwuglikol. Oprócz tego w skład p.j. wchodzi zwykle stabilizator trwałości chemicznej (centralit), różnorodne dodatki, np. sadza, wazelina, wosk, poprawiające spalanie i własności mechaniczne oraz pozostałość wilgoci (wody), stanowiące razem kilka procent masy paliwa. P.j. stosuje się głównie do produkcji ładunków napędowych silników rakietowych, składających się z lasek o małych i średnich wymiarach, wykonywanych metodą prasowania (tłoczenia). Paliwa te nazywa się także prochami rakietowymi, paliwami homogenicznymi lub koloidalnymi.

paliwo jednoskładnikowe: 1) rakietowy materiał pędny, w skład którego wchodzi substancja palna wraz z utleniaczem w postaci związku chemicznego lub mieszaniny (roztworu). Zalicza się tu wszystkie rakietowe stałe materiały pędne (jednorodne i niejednorodne) *oraz rakietowe materiały* pędne ciekłe, dostarczane do komory spalania z jednego zbiornika; 2) używana niekiedy nazwa prochu nitrocelulozowego na lotnym rozpuszczalniku.

paliwo niejednorodne, rakietowy stały materiał pędny, będący mieszaniną mechaniczną utleniacza i substancji palnej. Jako utleniacze stosowane są substancje nieorganiczne, np. nadchlorany, azotany potasowe i amonowe, lub (rzadziej) organiczne. Substancje palne są najczęściej również lepiszczami, wiążącymi drobno sproszkowany utleniacz. Zalicza się do nich różne żywice, kauczuki itp. Oprócz składników podstawowych p.n. może zawierać różnego rodzaju dodatki poprawiające jego własności mechaniczne i spalanie. P.n. stosuje się głównie do wyrobu dużych ładunków metodą odle-

wania (także bezpośrednio do komory spalania). Prostą odmianą tego paliwa jest proch czarny, będący mieszaniną saletry potasowej (75%), stanowiącej utleniacz, węgla drzewnego (15%), stanowiącego substancję palną, i siarki (10%), stanowiącej lepiszcze i substancję palną. P.n. nazywane jest również paliwem heterogenicznym, złożonym lub kompozycyjnym.

paliwo prochowe, proch bezdymny stosowany jako rakietowy stały materiał pędny. Różni się od paliwa jakim jest proch artyleryjski głównie większymi wymiarami łusek (ziaren) oraz niektórymi dodatkami w postaci substancji wchodzących w ich skład w niewielkich ilościach (rzędu 1%). P.p. nazywane jest również rakietowym paliwem jednorodnym lub koloidalnym. Najczęściej jako paliw rakietowych używa się prochów nitroglicerynowych otrzymywanych w wyniku plastyfikacji nitrocelulozy trudno lotnymi rozpuszczalnikami, nazywanych także balistytami lub kordytami. Jako dodatki stosuje się substancje stabilizujące spalanie, poprawiające własności mechaniczne lub technologiczne (sadza gazowa, wazelina, wosk), trwałość chemiczną itp. Niekiedy p.p. nazywa się wszystkie rakietowe stałe materiały pędne. Nazwa ta jednak nie jest ścisła, ponieważ paliwa niejednorodne nie są prochami. Podstawowymi własnościami p.p. są: ciepło wybuchu (kaloryczność), tzn. siła paliwa, oraz impuls jednostkowy i prędkość spalania (zależna głównie od ciśnienia). W zależności od wartości ciepła wybuchu p.p. dzieli się na nisko-, średnio-, i wysokokaloryczne. Laski prochowe, używane jako składniki napędowe w silnikach rakietowych na stały materiał pędny, wykonywane są metodą tłoczenia (prasowania) o różnych kształtach i wymiarach (rurowe, cylindryczne i o profilowanych przekrojach poprzecznych). Sposób produkcji uniemożliwia wykonanie lasek (ładunków) o dużych przekrojach przy zachowaniu jednorodnej struktury wewnętrznej. Z tego względu p.p. stosuje się głównie do napędu małych i średnich pocisków rakietowych oraz jako ładunki wielolaskowe w silnikach startowych. Charakterystyczne dla lasek wykonywanych z p.p. jest geometryczne spalanie (przesuwanie się palącej powierzchni równoległymi warstwami w głąb laski). Możliwości energetyczne p.p. określa impuls jednostkowy rzędu 180—220 s. Paliwa o większym impulsie jednostkowym (do około 240 s) zwane wysokokalorycznymi p.p., mają zwykle skłonności do tzw. niestabilnego spalania w niektórych warunkach eksploatacyjnych.

paliwo rakietowe, podstawowy składnik rakietowego materiału pędnego, spalającego się dopiero po wymieszaniu z utleniaczem. Procesowi spalania towarzyszy wydzielanie się znacznych ilości ciepła. Najczęściej stosowane są p.r.: węglowodorowe (nafta, benzyna, lekki olej napędowy, benzen, toluen, ksylen), alkoholowe i eterowe (alkohol etylowy, metylowy, furfurylowy), związki azotowe (amoniak, hydrazyna, wodzian hydrazyny, alkilowe pochodne hydrazyny, aminy), związki boru z wodorem (tzw. borowodory lub borany), sproszkowane metale, wodorki, wodór itp.

paliwo samozapłonowe, paliwo składające się z dwóch rodzajów cieczy, które po zetknięciu się ze sobą ulegają samoczynnemu zapaleniu, bez doprowadzenia energii z jakiegokolwiek źródła. P.s. stosuje się podczas rozruchu silników rakietowych i wytwornic gazów na paliwo ciekłe. Powinno charakteryzować się krótkim czasem opóźnienia zapłonu, od którego zależy maksymalne ciśnienie w silniku podczas rozruchu.

paliwo wieloskładnikowe; 1) rakietowy materiał pędny, w którym substancja palna i utleniacz stanowią oddzielne składniki, umieszczone w osobnych zbiornikach (pojemnikach). Składniki ciekłych p.w. dostarczane są równocześnie do komory spalania silnika, gdzie następuje wymieszanie ich i spalanie. Stosowane są również stało-ciekłe p.w., w których jeden ze składników, będący w stanie stałym, umieszczony jest w komorze spalania, zaś drugi — ciekły, wtryskiwany jest

do komory spalania z oddzielnego zbiornika; 2) używana niekiedy nazwa paliwa (prochu) rakietowego, otrzymywanego w wyniku plastyfikacji niskoazotowej nitrocelulozy trudno lotnymi rozpuszczalnikami, nazywanego również balistytem.

pałeczka zapalająca, patrz zapalacz chloranowy.

panewka, zagłębienie w górnej części lufy lub mała przymocowana do niej miseczka, stykająca się bezpośrednio z zapałem. Do wgłębienia p. wsypywano proch, który po zapaleniu przenosił iskrę przez zapał do ładunku znajdującego się w lufie.

panklastyt, ciekła mieszanina wybuchowa, składająca się z substancji palnej (np. nafta) i dwutlenku azotu jako utleniacza. W czasie I wojny świat. lotnictwo francuskie stosowało bomby wypełnione p. Bomby konstruowano w ten sposób, że obydwa składniki, tj. dwutlenek azotu i nafta, były oddzielone; znajdowały się w pomieszczeniach przedzielonych przegrodą, która ulegała zniszczeniu (przebiciu) z chwilą wyrzucenia bomby. P. obecnie stosuje się jako paliwo ciekłe do napędu rakietowego.

Państwowa Wytwórnia Prochu w Krajowicach (w pobliżu Jasła). W 1937 r. powołano Biuro Budowy Wytwórni, a budowę rozpoczęto w 1938. Prowadziła i finansowała ją *Państwowa Wytwórnia Prochu w Pionkach*. Dyrektorem nowo budowanej wytwórni został dr inż. Jerzy Kardaszewicz. Budowę fabryki bawełny strzelniczej, w ramach powstającej wytwórni, prowadził inż. Jan Szmid wraz z inż. Aleksandrem Maciejaszem; fabryki nitrogliceryny i nitrozwiązków inż. Władysław Anczarski, następnie od początku 1939 r. inż. Eugeniusz Wolnicki; fabryki prochów bezdymnych (nitroglicerynowych) inż. Bronisław Krzyżyński; fabryki prochów amonowych (mat. wybuch. zastępczych) inż. Edward Wolnicki. Głównym mechanikiem (kierownikiem Biura Projektowego) był inż. Eugeniusz Szachowski, głównym elektrykiem inż. Miedziński, kierownikiem działu energetycznego inż. Krynicki. Prace budowlane prowadziła prywatna firma warszawska. W momencie wybuchu II wojny świat. budowa wytwórni była zrealizowana w około 95%, przy czym fabryka prochu bezdymnego w 100% (uruchamiano wówczas urządzenia). Planowane zatrudnienie w wytwórni (docelowe) miało wynosić ok. 2000 pracowników. W czasie II wojny świat. Niemcy nie uruchomili wytwórni. Budynki wykorzystali na magazyny.

Państwowa Wytwórnia Prochu w Pionkach, pierwotna nazwa *Państwowa Wytwórnia Prochu i Materiałów Kruszących w Zagożdżonie*, mieściła się w pobliżu linii kolejowej Radom—Dęblin. Decyzję o budowie wytwórni podjęto w latach 1922/23. Do jej realizacji powołano dyrekcję budowy: inż. Kiliańskiego (dyr. naczelny) oraz inż. Schneidera (dyr. techniczny). Inż. Schneider w czasie I wojny świat. był dyrektorem austriackiej fabryki prochu, którą w ramach reparacji wojennych rozmontowano i przywieziono na teren Pionek. Budowę wytwórni rozpoczęto w 1923 r. Wykonano warsztaty, magazyny, elektrownię, baraki mieszkalne oraz przystąpiono do budowy pierwszej kolonii mieszkalnej. Przypuszczalnie w 1925 r. rozpoczęto



Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej podczas wizytowania PWP w Pionkach (pierwszy z lewej)

budowę pierwszych obiektów produkcyjnych (proch czarny i nitrogliceryna potrzebna do produkcji mat. wybuch. kruszących). W tym czasie utworzył się pion organizacyjny wytwórni, którą miały tworzyć: 1) fabryka nitrogliceryny i materiałów kruszących, 2) fabryka bawełny strzelniczej, 3) fabryka prochów bezdymnych, 4) fabryka prochu czarnego, 5) fabryka ferromitu, 6) elektrownia i warsztaty mechaniczne, 7) Centralne Laboratorium, 8) Stacja Badań Balistycznych wraz ze strzelnicą, 9) wydział gospodarczy, 10) straż bezpieczeństwa, 11) dyrekcja. W każdej z fabryk organizowano laboratoria. W latach 1925/26, podczas kryzysu gospodarczego, w kraju dyskutowano nad koncepcją usprawnienia działania przedsiębiorstw państwowych (tzw. etatyzacja, oznaczająca skomercjalizowanie przedsiębiorstw). Zastanawiano się nad skomercjalizowaniem przedsiębiorstw państwowych, pracujących w zasadzie na rzecz wojska. Myślą przewodnią było ukierunkowanie ich działalności na rzecz rynku prywatnego i eksportu. Jako pierwsze postanowiono skomercjalizować Państwowe Wytwórnie Uzbrojenia (w Skarżysku, Radomiu i Warszawie) oraz *Państwową Wytwórnię Prochu i Materiałów Kruszących w Zagożdżonie*. Zadanie skompletowania dyrekcji tej ostatniej otrzymał inż. chemik Jan Prot. Do przedsiębiorstw tych delegowano Rady Nadzorcze. W skład Rady Nadzorczej *PWP w Pionkach*, wg Rejestru Handlowego Dział A Nr 4115 z dnia 27 VI 1927 r. weszli: prezes — gen. bryg. dr Roman Górecki, wiceprezes — gen. bryg. Aleksander Litwinowicz, członkowie — gen. bryg. Jakub Krzemiński, płk Władysław Wielowiejski, dr Feliks Merunowicz, Antoni Krahelski, inż. Czesław Benedek, płk inż. Kazimierz Moniuszko, inż. Eugeniusz Berger. Udział państwa w kapitale przedsiębiorstwa wynosił 91%. Naczelnym dyrektorem od II połowy 1926 r. był inż. J. Prot, dyrektorem technicznym francuski instruktor płk Henryk Lacape, specjalista głównie w zakresie produkcji prochów, który dokształcał personel techniczny wraz z inż. Stanisławem Markiewiczem, przewidzianym na stanowisko dyrektora technicznego. Od 1 VII 1927 r. rozpoczął pracę mgr Zygmunt Rakowicz, zatrudniony na stanowisku dyrektora handlowo-administracyjnego. W pierwszym okresie rozbudowy wytwórni na kierowniczych stanowiskach w pionie produkcyjnym pracowali: inż. Wiktor Czerwiński w fabryce bawełny strzelniczej (od 1 II 1925), inż. Jan Walczyński w fabryce prochów bezdymnych (od 1926/27), por. Kazimierz Tobola w fabryce prochu czarnego (od 1925), inż. Stefan Raczyński w fabryce nitrogliceryny i materiałów kruszących (od 1926). W tym czasie ważną sprawą było zabezpieczenie fabryk i terenu przed pożarem. Systematycznie utwardzano drogi dojazdowe, organizowano centralny system alarmowy, centralną straż pożarną. W 1927 r. w wytwórni było zatrudnionych 1545 osób. Około 1926 r. została uruchomiona fabryka prochu bezdymnego, a 1927/28 bawełny strzelniczej. Uprzednio do produkcji prochów stosowano bawełnę strzelniczą francuską, obecnie zastosowano własny półprodukt. Od 1929 r. następował szybki rozwój wytwórni, charakteryzujący się modernizacją istniejących i budową nowych wydziałów produkcyjnych. Przystąpiono do prac projektowych fabryki mas plastycznych, przeznaczonej do produkcji celuloidu na bazie produkowanej w wytwórni nitrocelulozy kolodionowej oraz podjęto budowę nowej eterowni na wydziale prochów bezdymnych. Zwiększała się kadra techniczna. Kilku młodych inżynierów wysłano na praktyki zagraniczne, m.in. do firmy *du Ponta* w USA. W tym czasie prowadzono szeroko zakrojoną akcję zdobywania zamówień od kopalń na mat. wybuch. górnicze oraz na prochy myśliwskie. Konkurencyjną była *Sp. Akc. „Lignoza"* z siedzibą w Katowicach, produkująca głównie górnicze mat. wybuch. i środki zapalcze. Powstało Centralne Laboratorium, którego twórcą był inż. Tadeusz Śmiśniewicz, zatrudniony w wy-

twórni od 1928 r. W 1931 r., po przejściu inż. T. Śmiśniewicza na stanowisko kierownika fabryki prochów bezdymnych, stanowisko to objął inż. Jerzy Kardaszewicz. Ugruntował się dział fizykochemiczny prowadzony przez dr. Romana Żulińskiego przy pomocy dr. Włodzimierza Urbańskiego, dział analityczny prowadzony przez inż. Wacława Englerta, następnie mgr. Remigiusza Wasilewskiego przy pomocy inż. Tadeusza Dmytraka. Dział badawczy prowadził inż. Mirosław Zaplatyński (sprawy administracyjne), zaś samodzielne prace badawcze prowadzili w nim inżynierowie: Władysław Anczarski, Tadeusz Wesołowski, Roman Wójcik, Konstanty Bülow, Eugeniusz Smoliński, Czesław Sudlitz i inni. W skład Centralnego Laboratorium wchodziła Stacja Badawcza Nitrozwiązków Aromatycznych prowadzona przez inż. Bronisława Krzyżyńskiego, Stacja Termostatów kierowana przez Tadeusza Kuczyńskiego, od 1933/34 Stacja Doświadczalna Prochów Bezdymnych prowadzona przez inż. Czesława Sudlitzą oraz Stacja Doświadczalna Dunitu prowadzona przez inż. Wacława Kumanowskiego. Działała tu także biblioteka naukowo-techniczna prowadzona przez dr. Rudolfa Gartnera, mgr Alinę Romanowiczową oraz inż. Wacława Englerta (od 1934). W 1931 r. inż. W. Czerwiński po wizycie w USA w firmach *du Ponta* i *Hercules Powder C.* przebudował fabrykę bawełny strzelniczej podnosząc jej produkcję 3-krotnie. Jednocześnie wybudował wydział nitrocelulozy do wyrobu lakierów, celuloidu i dynamitu, eliminując w ten sposób import. W celu zastąpienia bawełny celulozą drzewną zbudowano kosztem ok. 1—2 mln zl doświadczalną fabrykę celulozy siarczynowej w oparciu o opatentowany przez inż. W. Czerwińskiego i inż. H. Zenftmana pomysł uszlachetniania jej. Podobno, zdaniem personelu inżynieryjnego fabryki prochów bezdymnych, nie było to rozwiązanie najlepsze. Budowę fabryki mas plastycznych rozpoczęto w 1933 r. Kierownikiem budowy został inż. Henryk Zenftman, zaś jego zastępcą inż. Franciszek Ziółkowski. Urządzenia pochodziły z importu. Rozruch nastąpił w 1934 r. W 1931 r. inż. Jan Walczyński został mianowany głównym chemikiem wytwórni, zaś kierownikiem fabryki prochów bezdymnych inż. T. Śmiśniewicz. W tym czasie zainstalowano w niej wiele nowych urządzeń produkcyjnych, w szczególności nowoczesne prasy do wytłaczania prochów artyleryjskich. Ze względu m.in. na wzrastające kontakty zagraniczne (handlowe), trudną dla współpartnerów wymowę nazwy miejscowości „Zagożdżon" 9 VIII 1932 r. zmieniono na Pionki. Od tego momentu wytwórnia uzyskała nową nazwę *Państwowa Wytwórnia Prochu w Pionkach*. W 1934 r. inż. Wiktor Czerwiński wraz z grupą wyszkolonych pracowników przeszedł na budowę dużej fabryki celulozy w Niedomicach, prowadzonej przez *PWP w Pionkach*, obejmując jej kierownictwo. Kierownikiem fabryki bawełny strzelniczej został inż. Henryk Zenftman. W tym samym roku w Pionkach uruchomiono fabrykę ferromitu, kierowaną przez inż. Tadeusza Błeszyńskiego, zaś od 1936 r. przez inż. Konstantego Bülowa. Drugą zaprojektowaną i zrealizowaną przez *PWP w Pionkach* była budowa wytwórni kwasu siarkowego i oleum w Kielcach, oparta na licencji firmy belgijskiej *Induschimi*, prowadzona na terenie dawnej fabryki superfosfatów. Dyrektorem został inż. Jan Walczyński, jego zastępcą inż. Roman Wójcik. Wytwórnię uruchomiono w 1936 r. uniezależniając *PWP w Pionkach* od zewnętrznych dostawców kwasu siarkowego, a szczególnie oleum, niezbędnego do produkcji mieszanek nitrujących. W tym czasie inż. S. Raczyński został głównym chemikiem wytwórni, zaś kierownikiem fabryki nitrogliceryny i mat. kruszących kpt. inż. Marian Klonowski. Ponadto dyrektor handlowy przeszedł do *Państwowych Zakładów Inżynierii* w Warszawie, zaś jego następcą został emerytowany komendant Centrum Wyszkolenia Artylerii w Toruniu płk Bold. W 1936 r. inż. T. Śmiśniewiczowi powierzono stanowisko dyrektora te-

chnicznego nowo budowanej *Wojskowej Wytwórni Amunicji nr 3* w miejscowości Dęba w Centralnym Okręgu Przemysłowym (COP). Po nim kierownictwo fabryki prochów bezdymnych objął inż. Antoni Kamiński. W 1937 r. wytwórnia otrzymała wiele zamówień na dostawę prochów bezdymnych do krajów bałkańskich. Wzrosło zatrudnienie do ok. 5000 pracowników, w tym ok. 50 inżynierów i ponad 100 techników. Pod koniec tego roku przystąpiono do realizacji projektów budowy dwóch nowych wytwórni zlokalizowanych w COP — w Krajowicach k. Jasła i Sarzynie. Kierownictwo budowy wytwórni w Krajowicach powierzono dr. inż. Jerzemu Kardaszewiczowi, zaś w Sarzynie inż. S. Raczyńskiemu. Wówczas kierownikiem Centralnego Laboratorium został inż. Eugeniusz Smoliński, zaś głównym chemikiem wytwórni inż. H. Zenftman, kierownikiem fabryki bawełny strzelniczej inż. Zygmunt Winter, fabryki mas plastycznych inż. J. Konopacki, zaś Stacji Doświadczalnej Prochów Bezdymnych inż. Czesław Sudlitz. W 1936 r. w fabryce bawełny strzelniczej i prochu bezdymnego uruchomiono doświadczalną produkcję dunitu, mat. wybuch. saperskiego opracowanego w Pionkach. Był on oparty na nitrocelulozie flegmatyzowanej parafiną. 2 IX 1939 r. Niemcy zbombardowali wytwórnię. 6 IX zarządzono ewakuację pod kierownictwem inż. Krausa. Została tylko grupa wojskowo-likwidacyjna w celu zniszczenia zapasów i demontażu urządzeń. Niemcy po wkroczeniu do Pionek 8 IX 1939 r. zajęli wytwórnię i uruchomili ją kładąc nacisk na produkcję militarną. W czasie okupacji na terenie wytwórni przeprowadzono kilka akcji sabotażowych (spalenie magazynów, dużych partii prochu i nitrogliceryny).

Państwowe Wytwórnie Uzbrojenia (PWU), przedsiębiorstwo z siedzibą w Warszawie, wyodrębnione z administracji państwowej, które otrzymało samodzielną osobowość prawną na mocy Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 22 IV 1927 r. W jego skład weszły 4 wytwórnie: 1) *Fabryka Karabinów w Warszawie*, 2) *Fabryka Broni w Radomiu*, 3) *Fabryka Amunicji w Skarżysku*, 4) *Fabryka Sprawdzianów w Warszawie*. Wytwórnie te przed 1 IV 1927 r. podlegały Naczelnej Dyrekcji Centralnego Zarządu Wytwórni Wojskowych. Dyrektorem Naczelnym Przedsiębiorstwa PWU z dniem 1 IV 1927 r. został inż. W.R. Wierzejski, wicedyrektorami inż. Dowkontt oraz M. Soroko. Siedziba mieściła się w Warszawie przy ul. Duchnickiej 3. W czerwcu 1937 r. powołano Dyrekcję *Fabryki Amunicji nr 2*, której budowę rozpoczęto w Dąbrowie-Bór k. Kraśnika, i Dyrekcję *Fabryki Amunicji nr 5* z siedzibą w Warszawie dla wytwórni budowanej w Jawidzu w powiecie lubartowskim. Szeroki asortyment produkcji sprzedawano do Francji, Anglii, Arabii Saudyjskiej, Jemenu, Argentyny, Belgii, Brazylii, Bułgarii, Jugosławii, Palestyny, Peru i Turcji.

Parulska Marianna, ur. 1927 r., specjalistka w dziedzinie paliw stałych. Dorobek głównie o charakterze technologicznym (niepublikowany). Współautorka 15 patentów, 2 wzorów użytkowych, laureat 4 nagród ministerialnych.

patron, ładunek mat. wybuch. w postaci naboju np. zawinięty w papier.

Pawłowicz Kazimierz, ur. 1920 r., doktorat na temat badań rozkładu powierzchni osłabionej w skałach, metody oznaczania trwałości i próby klasyfikacji stropów węgla w GZW (1962), praca habilitacyjna na temat badań nad urabianiem węgla odstrzałem długich otworów i mechanizmem jego działania na caliznę pokładu (1972), profesor Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Specjalista w dziedzinie urabiania skał mat. wybuch. oraz techniki strzelniczej w górnictwie. Autor 70 publikacji, 10 patentów.

Pągowski Witold, ur. 1933 r., specjalista w dziedzinie technologii produkcji górniczych mat. wybuch. głównie granulowanych i zawiesinowych. Autor krajowej technologii pro-

dukcji porowatej saletry amonowej, technologii zabezpieczania górniczych mat. wybuch. przed zbrylowaniem oraz nadawania im wodoodporności. Zajmował się technologiami wybuchowej obróbki metali. Autor wielu publikacji i patentów.

PBX, skrót nazwy plastic bonded explosives (plastyczny mat. wybuch.), stosowanej w USA.

PBX-9010, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 90% heksogenu i 10% Kel-F, detonujący z prędkością 8370 m/s przy gęstości 1,78 g/cm³.

PBX-9011, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 90% oktogenu i 10% estane, detonujący z prędkością 8500 m/s przy gęstości 1,78 g/cm³.

PBX-116, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 86% heksogenu i 14% polibutadienu, detonujący z prędkością 7960 m/s przy gęstości 1,65 g/cm³.

PBXC-119, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 82% oktogenu, 18% polibutadienu, detonujący z prędkością 8080 m/s przy gęstości 1,64 g/cm³.

PBXN-1, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 68% heksogenu, 20% aluminium i 12% nylonu. Ładunki wykonuje się przez zaprasowanie.

PBXN-2, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 95% oktogenu i 5% nylonu. Ładunki wykonuje się przez zaprasowanie.

PBXN-3, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 86% oktogenu i 14% nylonu. Ładunki wykonuje się przez zaprasowanie.

PBXN-4, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 94% DATB i 6% nylonu. Ładunki wykonuje się przez zaprasowanie.

PBXN-5, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 95% oktogenu i 5% Vitonu A.

PBXN-6, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 95% heksogenu i 5% Vitonu A.

PBXN-101, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 82% heksogenu i 18% Laminacu. Ładunki wykonuje się przez odlewanie.

PBXN-102, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 59% oktogenu, 23% aluminium oraz 18% Laminacu. Ładunki wykonuje się przez odlewanie.

PBXN-201, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 83% heksogenu, 12% Vitonu A oraz 5% teflonu. Ładunki wykonuje się przez wytłaczanie.

PDX, patrz heksogen.

P.E., skrót nazwy „plastic explosive" czyli plastyczny mat. wybuch.

penta, patrz pentryt.

pentaerytryt, $C(CH_2 \cdot OH)_4$, pierwszorzędny alkohol czterowodorotlenowy nasycony. Białe kryształy o temperaturze topnienia 260,5°C, rozpuszczalny w wodzie, trudno rozpuszczalny w alkoholu, czterochlorku węgla i eterze. Otrzymuje się go z aldehydu azotowego i mrówkowego w reakcji Cannizzaro. Stosowany jest jako plastyfikator tworzyw sztucznych oraz jako półprodukt do syntezy leków, mat. wybuch., żywic poliestrowych, syntezy olejów schnących.

pentolit, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 10—50% tenu i 90—50% TNT, detonujący z prędkością 7470 m/s przy gęstości 1,67 g/cm³ (skład 50/50).

pentrinit, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 10—70% tenu i 90—30% nitrogliceryny.

pentro, szwedzka nazwa mieszaniny 49% heksogenu, 49% trotylu i 2% parafiny.

pentryl, mat. wybuch. otrzymywany zwykle w wyniku działania tlenku etylenu na anilinę i nitrowania wytworzonej fenyloetanoloaminy. Jest silniejszy od tetrylu, lecz nieco od niego wrażliwszy, dlatego nie stosuje się go w praktyce.

pentryt, $C(CH_2ONO_2)_4$, czteroazotan pentaerytrytu, mat. wybuch. kruszący z grupy estrów kwasu azotowego. Biała substancja krystaliczna o temperaturze topnienia 141,3°C, gęstości 1,77 g/cm³, nierozpuszczalna w wodzie, dobrze rozpuszczalna w acetonie. Charakterystyczne dla p. to: wielka moc wybuchu (prędkość detonacji rzędu 8350 m/s, wydęcie w bloku ołowianym — 500 ml), łatwość pobudzenia do detonacji, wrażliwość na uderzenie mniejsza od nitrogliceryny, ale znacz-

nie przewyższająca wrażliwość stosowanych mat. wybuch. kruszących, a także najwyższa trwałość chemiczna spośród wybuchowych azotanów organicznych. P. stosuje się przede wszystkim do wyrobu lontów detonujących, w spłonkach detonujących jako ładunek wtórny, do wyrobu detonatorów oraz jako dodatek do niektórych mat. wybuch. amonowosaletrzanych w celu zwiększenia ich podatności na detonację. W czasie II wojny świat. był stosowany jako ładunek kruszący w stanie sflegmatyzowanym do pocisków małokalibrowych i w mieszaninie z trotylem jako pentolit (50% p. i 50% trotylu) do granatów przeciwpancernych i detonatorów pocisków małokalibrowych. Produkcja polega na działaniu mieszaniny kwasów azotowego i siarkowego na pentaerytryt otrzymany z półproduktów syntetycznych — aldehydu mrówkowego i octowego.

perchloratyty, mat. wybuch. nadchloranowe, składające się głównie z nadchloranów potasu $KClO_4$, sodu $NaClO_4$ lub amonu NH_4ClO_4. Nadchlorany oddają trudniej tlen niż chlorany, wskutek czego p. były bezpieczniejsze podczas manipulacji niż mat. wybuch. chloranowe. Obecnie nie są stosowane.

perdyt, mat. wybuch. podobny do cheddytów, z tym że zamiast chloranu potasu zastosowano w nim nadchloran potasu lub amonu. W czasie I wojny świat. produkowano go w Niemczech i Włoszech.

perlit, patrz kwas pikrynowy.

pertite, patrz kwas pikrynowy.

petarda: 1) obecnie środek pirotechniczny imitujący wybuchy pocisków artyleryjskich, bomb, stosowany w wojsku jako pomoc w czasie ćwiczeń taktycznych i manewrów, zaś w technice cywilnej jako dźwiękowy środek ostrzegawczy (np. w kolejnictwie). P. wykonana jest w postaci kartonowego zakrytego walca nasyconego substancją nie przepuszczającą wilgoci. Wewnątrz znajduje się mieszanina pirotechniczna z odprowadzonym na zewnątrz odcinkiem lontu prochowego, zakończonym pastylką zapalającą. Jako masy pirotechnicznej do napełniania p. dawniej używało się prochu czarnego, obecnie mieszaniny azotanu baru, sproszkowanego aluminiowo-magnezowego stopu lub aluminium i siarki w ilości ok. 100 g. Wybuch petardy następuje po 7—15 s, w zależności od długości lontu, od chwili jego zapalenia; 2) dawniej ładunek prochowy umieszczony w naczyniu stożkowym, cylindrycznym lub w kształcie moździerza, przymocowany do deski i zaopatrzony w lont. P. używano w XVI—XVIII w. jako element bojowy tzw. wojny minerskiej. P. ówczesna była ładunkiem prochu czarnego, umieszczonego w spiżowym lub drewnianym, okutym metalem, naczyniu w kształcie ściętego stożka. Naczynie to było przymocowane do deski i miało lont. P. taka służyła do wysadzania bram, obleganych urządzeń warownych (krat w otworach okiennych, urządzeń mostów zwodzonych itp.).

PETN, patrz pentryt.

petrogel, handlowa nazwa amerykańskiego żelatynowanego mat. wybuch. do badań sejsmicznych.

Peyman A., amerykański badacz; w 1931 r. wraz z Woodheadem opublikował pracę, w której wykazał wpływ cząstek stałych (twardych), pochodzących z wkładki kumulacyjnej, niesionych przez produkty wybuchu, na wielkość przebicia kumulacyjnego.

pęcherz gazowy, patrz wybuch podwodny i detonacja pod wodą.

picramid, patrz trójnitroanilina.

picrinita, hiszpańska nazwa kwasu pikrynowego.

picurinsan, japońska nazwa kwasu pikrynowego.

pierwotne materiały wybuchowe, patrz materiał wybuchowy inicjujący.

Pietruszewski Wasilij F., rosyjski badacz, oficer artylerii; w 1854 r. wykonał pierwszy specjalny zapalnik do pobudzania nitrogliceryny, stosowanej jako kruszący mat. wybuch., według pomysłu rosyjskiego chemika prof. Mikołaja Zinina. Z powodu konserwatyzmu carskiego kierownictwa wojskowego pomysł ten nie został poparty i nie doczekał się szerszej popularyzacji.

Analogiczny zapalnik skonstruował nieco później A. Nobel (1867), opierając się na piorunianie rtęci, zaliczanym do inicjujących mat. wybuch. Ponadto P.W. wraz z Czernilowskim-Sokołem, niezależnie od Nobla, zorganizował produkcję nitrogliceryny w Kraju Zabajkalskim w kopalni złota w Wierchnie-Udinskoje i stosował ją do robót górniczych. W ciągu czterech lat wyprodukowali oni ponad 3 t nitrogliceryny, z której wytwarzali ładunki ciastowatego mat. wybuch., używając jako pochłaniacza węglanu magnezu.

Pietrzyk Czesław, ur. 1907 r., absolwent Wydziału Chemii Politechniki Warszawskiej (1934). Po studiach podjął pracę jako starszy asystent w Katedrze Technologii Materiałów Wybuchowych na Politechnice Warszawskiej. W 1936 r. przeszedł do Pirotechnicznej Stacji Doświadczalnej Fabryki Amunicji w Skarżysku, gdzie pracował do wybuchu II wojny świat. W 1959 r. uzyskał stopień doktora, następnie obronił pracę habilitacyjną, profesor, wielokrotnie dziekan, także rektor Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Szczecinie. Autor wielu publikacji. Za pracę zawodową i społeczną wielokrotnie odznaczany najwyższymi odznaczeniami państwowymi.

pikramid, nazwa trójnitroaniliny.

pikrinit, patrz kwas pikrynowy.

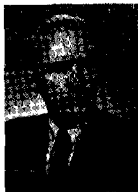
pikrynian amonu, związek wybuchowy wykazujący względnie niedużą wrażliwość na uderzenie. W 1886 r. J. M. Czelcowy zaproponował stosowanie mieszaniny 72,5% azotanu amonowego i 27,5% p.a. W Stanach Zjednoczonych wprowadzono w 1901 r. p.a. pod nazwą *Explosive D* do napełniania pocisków artylerii morskiej, uważając, że jest on mat. wybuch., ze wszystkich wówczas istniejących, najmniej wrażliwy na uderzenie. Jednakże, według badań Kasta (1911) oraz T. Urbańskiego, J. Hackla i Galasa (1934) wrażliwość jego jest nieco większa niż trotylu, a ponadto zapala się od otwartego płomienia mniej więcej tak łatwo, jak proch czarny.

pikrynian ołowiu, mat. wybuch. inicjujący, stosowany do wyrobu mas zapałowych do zapalników elektrycznych. P.o. jest bardzo wrażliwy na uderzenie.

pikryniany, sole kwasu pikrynowego, związki chemiczne odznaczające się dużą wrażliwością na bodźce mechaniczne (uderzenie, tarcie) i cieplne (ogrzewanie). Największe znaczenie mają p. amonu i ołowiu.

pikrynowy kwas, 2, 4, 6-trójnitrofenol, $C_6H_2OH(NO_2)_3$, kruszący mat. wybuch. przewyższający nieznacznie mocą i wrażliwością trotyl; substancja krystaliczna o barwie żółtej i temperaturze topnienia 122,5°C, smaku gorzkim (stąd nazwa: grec. pikros — gorzki), gęstości 1,76 g/cm³. P.k. jest niehigroskopijny — rozpuszcza się w gorącej wodzie, etanolu, benzynie i stężonym kwasie siarkowym. Jest to słaby kwas, z metalami tworzy sole zwane pikrynianami, w stanie wilgotnym powoduje rozkład nitrocelulozy, nitrogliceryny oraz azotanu amonu. Otrzymany przez Woulfe'a w 1771 r. stosowany był jako żółty barwnik do jedwabiu i jako środek bakteriobójczy. Po odkryciu jego zdolności do detonacji od spłonki, w szerokim zakresie wykorzystywany od 1866 r. w stanie czystym do napełniania pocisków pod różnymi nazwami: melinit (Francja, Rosja), lyddit (Anglia), szymoza (Japonia) lub w mieszaninach wybuchowych z dwunitronaftalenem, dwunitrofenolem lub trójnitrokrezolem. Ze względu na skłonność do tworzenia z metalem skorupy bardzo wrażliwych pikrynianów oraz nieprzydatności do wyrobu amonitów, p.k. na początku XX w. został wyparty przez trotyl. W czasie I i II wojny świat. był on częściowo stosowany jako zastępczy mat. wybuch. Prędkość detonacji p.k. wynosi 7100 m/s, temperatura wybuchu 3230°C.

Pilc Aleksander, ur. 1900 r., prof. Politechniki Warszawskiej, specjalista w dziedzinie wybuchowości mieszanin palnych par i gazów z powietrzem oraz zapobiegania wybuchom w przemyśle. Autor 37 publikacji naukowych, 19 patentów i 39 wynalazków oraz udoskonaleń technicznych, autor książ-



Pilc Aleksander

ki pt. *Zagadnienia bezpieczeństwa pracy w przemyśle chemicznym*, laureat 2 nagród państwowych oraz nagrody NOT w 25-lecie PRL za największy wkład w odbudowę polskiego przemysłu chemicznego. Był jednym ze współzałożycieli Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Chemików Polskich przed II wojną świat.

Pilch Jan, ur. 1922 r., specjalista w dziedzinie techniki i technologii prac wiertniczych, w szczególności wiertnictwa głębokiego, szerokodymenzyjnego, otworów mrożeniowych przy budowie szybów i otworów ratunkowych na wypadek katastrofy górniczej.



Pilch Jan

Od 1972 r. powołany został na stałego członka Państwowej Rady Górnictwa. W RFN ukończył kurs zapobiegania wybuchom w tzw. Profesjonalnej Szkole Inżynierii Wiertnictwa i Produkcji. Ekspert w dziedzinie ratownictwa górniczego i gaszenia pożarów. Zorganizował muzeum historyczno-pamiątkarskie Ignacego Łukasiewicza. Laureat nagrody państwowej, prezes Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego.

Pillich Jan, ur. 1911, absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością mat. wybuch. (1937). Praktykę odbył w Fabryce Prochu Bezdymnego w Boryszewie (1934), w latach 1935—39 pracował w *Wytwórni Amunicji nr 2 w Rembertowie*, gdzie w 1938—39 był zastępcą, a następnie kierownikiem działu produkującego zapalniki.

Piński Andrzej, ur. 1937 r., doktorat w dziedzinie badania własności wytrzymałościowych materiałów odkształcanych wybuchowo (1970). Specjalista w zakresie obróbki materiałów za pomocą wysokich energii, m.in. mat. wybuch. ultradźwiękami. Autor ok. 30 publikacji naukowych i 3 patentów.

piorunian rtęci, $Hg(CNO)_2$, najwcześniej odkryty mat. wybuch. inicjujący, stosowany do wyrobu spłonek zapalających, najczęściej w mieszaninie z chloranem potasowym i trójsiarczkiem antymonu, oraz do wyrobu niektórych rodzajów spłonek detonujących, używanych obecnie wyłącznie w technice cywilnej. Dawniej p.r. był jednym ze składników mas rdzenia lontu detonującego. Otrzymuje się go przez działanie alkoholu etylowego na roztwór azotanu rtęciowego w kwasie azotowym. Jest to substancja krystaliczna, biała lub szara, o gęstości 4,3 g/cm^3, niehigroskopijna, trudno rozpuszczalna w wodzie. Łatwo wybucha po zadziałaniu słabych bodźców zewnętrznych (uderzenie, tarcie, nakłucie, płomień). Zawartość wody i wzrost gęstości zaprasowania p.r. znacznie obniża jego wrażliwość. Przy zawartości np. 50% wody nie zapala się od płomienia. P.r. zaprasowuje się pod ciśnieniem

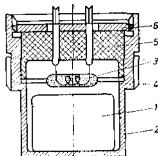
powyżej 1660 kG/cm² na „martwo", tzn. zapala się trudno i pali bez przejścia w detonację.

piorunowy kwas, HONC, karboksyn, nietrwały kwas, istniejący w roztworach wodnych, izomer kwasu cyjanowego. Aktywny chemicznie, występuje w reakcjach przyłączenia, łatwo polimeryzuje. Znaczenie praktyczne mają jego sole — piorunIany.

pirodynamika, dział balistyki wewnętrznej zajmujący się badaniem spalania prochu w warunkach zmiennej objętości.

piroksylina, jedna z nazw nitrocelulozy; wprowadził ją w 1838 r. T. Pelouze na określenie otrzymanego przez siebie produktu, powstałego w wyniku działania kwasu azotowego na papier lub bawełnę.

pironabój, ładunek pirotechniczny, osadzony w obudowie metalowej, pobudzany najczęściej energią elektryczną. Stosowany jest do otwierania



Pironabój:
1 — kadłub, 2 — ładunek pirotechniczny, 3 — mostek, 4 — masa zapłonowa, 5 — izolator, 6 — wkrętka

i zamykania zaworów, przerywania przepon, wymuszonego przerywania w magistrali dopływu paliwa w układach zasilania, podczas uruchamiania i wyłączania silników rakietowych na ciekły materiał pędny. Charakteryzuje się krótkim czasem i niezawodnością działania.

pirostatyka, dział balistyki wewnętrznej analizujący procesy spalania się prochu w warunkach stałej objętości.

pirotechnika, dziedzina techniki zajmująca się otrzymywaniem mas pirotechnicznych i sporządzaniem wyrobów pirotechnicznych, dających w wyniku reakcji spalania efekty świetlne, cieplne, dymne, zapalające, dźwiękowe i odrzutowe, wykorzystywane w technice wojskowej oraz dla potrzeb cywilnych.

Piskorz Mieczysław, ur. 1922 r., absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością mat. wybuch. (1955), doktorat na temat określania budowy grupy izonitroaminowej na podstawie widm w podczerwieni i nadfiolecie (1963). Wykładowca Wojskowej Akademii Technicznej (od 1954). Specjalista w dziedzinie teorii i technologii mat. wybuch. Autor i współautor 12 publikacji naukowych, 3 patentów, kilkunastu opracowań specjalistycznych dotyczących zastosowań mat. wybuch. w przemyśle oraz warunków bezpieczeństwa pracy z substancjami podatnymi na wybuch. Współautor książek *Zasady eksploatacji armatek przemysłowych* oraz *Encyklopedia Techniki Wojskowej* z zakresu mat. wybuch.

plastex, handlowa nazwa szwajcarskiego plastycznego mat. wybuch. na bazie heksogenu.

plastyczny materiał wybuchowy, inaczej plastyk.

plastyfikator, substancja dodawana do mat. wybuch. kruszących w celu nadania im własności materiałów plastycznych. Do p. należą oleje, żywice syntetyczne itd.

plastyk, plastyczny mat. wybuch., krusząca mieszanina wybuchowa o konsystencji plastycznej, którą łatwo można formować w ładunki o dowolnych kształtach, mająca przy tym odpowiednią przyczepność oraz trwałość cech plastycznych. Podstawowymi składnikami p. są materiały o bardzo silnych własnościach wybuchowych (dawniej nitrogliceryna, obecnie — heksogen, pentryt oraz różne środki wiążące, np. tłuszcze, oleje, smary naturalne i syntetyczne, kauczuk). Przykłady składów niektórych

p.: a) dynamit: 75% nitrogliceryny, 25% ziemi okrzemkowej; b) żelatyna wybuchowa: 92—94% nitrogliceryny, 6—8% bawełny koloidalnej; c) plastrotyl: 86% trotylu, 10% dwunitrotoluenu ciekłego, 0,3% bawełny koloidalnej, 3,7% terpentyny; d) pentrinit: 50% pentrytu, 46% nitrogliceryny, 4% bawełny koloidalnej; e) heksoplast: 75% heksogenu, 3,6—3,8% trotylu, 20% dwunitrotoluenu (ciekłego), 1,2—1,4% nitrocelulozy; f) PMW — 12: 88% heksogenu, 12% oleju.

plumbatol, amerykańska nazwa mieszaniny $Pb(NO_3)_2$ i TNT w stosunku 70/30.

płomień wylotowy, zjawisko świecenia gazów prochowych wypływających z lufy po wylocie pocisku. Gazy wypływające za pociskiem mają temperaturę ok. 1800°C, p.w. obserwowany jest w postaci błysku wystrzału.

płynne powietrze, patrz oksylikwit.

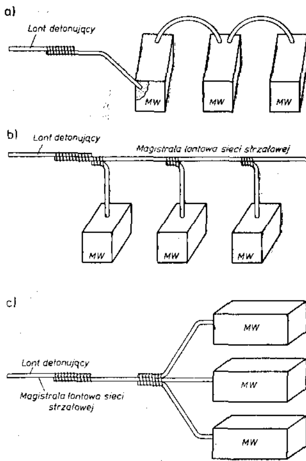
płyta detonacyjna, materac, w fortyfikacji płyta odpowiedniej grubości wykonana z odpornego materiału (żelbet, kamień zalany zaprawą cementową, dwie warstwy szyn kolejowych wypełnionych betonem itp.). Celem p.d. jest spowodowanie wybuchu, aby zabezpieczyć właściwy strop, ścianę lub fundament obiektu. W związku z tym p.d. może być usytuowana: a) nad stropem schronu i oddzielona od niego warstwą gruntu w celu zmniejszenia działania wybuchu, b) obok ściany na wysokości stropu, aby nie dopuścić do przeniknięcia pocisku w ścianę; c) obok ściany schronu naziemnego na poziomie terenu w celu niedopuszczenia do przeniknięcia pocisku pod fundament. P.d. zwykle maskuje się przykrywając ją niewielką warstwą gruntu.

PMW, stosowany w Polsce skrót nazwy plastyczny mat. wybuch.

pobudzacz, patrz detonator.

pobudzanie lontem detonującym, sposób pobudzania, który pozwala na spowodowanie jednoczesnego wybuchu wielu ładunków; stosowany jest tam, gdzie ze względu na niebezpieczeństwo występowania tzw. prądów błądzących i indukcyjnych nie można wykorzystać elektrycznego sposobu pobudzania. Należy odróżniać lont ogniowy od lontu detonującego, gdyż skutek pomyłkowego ich zastosowania okazałby się tragiczny. Dlatego w zewnętrznym oplocie lontu detonującego wprowadzona jest nić koloru czerwonego. Niebezpieczeństwo pomyłki spowodowane jest tym, że lont prochowy (ogniowy) spala się z prędkością ok. 1,0 cm/s, zaś lont detonujący wybucha (detonuje) z prędkością ok. 6,3 km/s. Lont detonujący pobudzany jest zapalnikiem lontowym lub elektrycznym, ładunkiem mat. wybuch. lub innym lontem detonującym.

pobudzanie sposobem elektrycznym, sposób pobudzania opracowany przez rosyjskiego uczonego P. I. Szillinga (1812), wynalazcę telegrafu. Umożliwia on każdorazowo sprawdzenie zapalnika elektrycznego i całej linii odpalania, zarówno w trakcie montażu jak i tuż przed strzałem. W odróżnieniu od sposobu ogniowego (pobudzania lontem), tutaj moment wybuchu jest dokładnie określony. P.s.e. pozwala sterować wybuchem z dużej odległości, co znakomicie zwiększa bezpieczeństwo prac. Pozwala również przeprowadzać jednocześnie, bądź z żądanymi opóźnieniami, wybuch wielu ładunków. Jest to obecnie jedyny sposób stosowany w kopalnictwie, w przypadku zagrożenia wybuchowego, powodowanego występowaniem gazu lub pyłów. W używanych przy tym sposobie pobudzania zapalnikach elektrycznych stosowane są niekiedy specjalne opóźniacze, które umożliwiają sterowanie czasem pobudzania danych ładunków mat. wybuch. lub grup ładunków. Dobór czasu opóźnienia i kolejności pobudzania w całym zestawie ładunków ma bardzo ważne znaczenie. W wyniku badań przeprowadzanych przez autora niniejszej książki stwierdzono, że rozrzuty czasów zadziałania polskich zapalników elektrycznych, tzw. momentalnych (bezzwłocznych) wynoszą średnio od kilku do kilkunastu tysięcznych części sekundy. Eliminując w typowych zapalnikach elektrycznych



Lontowe sieci strzałowe: a) w układzie szeregowym, b) w układzie równoległym-schodkowym, c) w układzie równoległym-wiązkowym

zjawisko nagrzewania prądowego drutu żarowego, zapłonu, następnie masy zapalczej i kolejnego pobudzania detonacji ładunku kruszącego mat. wybuch. w *zapalniku, wprowadzono* zjawisko elektrycznego wybuchu drutu żarowego. Wytworzona w trakcie elektrowybuchu fala uderzeniowa pobudza detonację inicjującego mat. wybuch., co skraca czas zadziałania zapalnika 100—1000-krotnie. Pomysł ten uzyskał ochronę patentową Urzędu Patentowego PRL.

pobudzanie sposobem ogniowym, sposób pobudzania, wymagający posiadania źródła ognia oraz zapalnika ogniowego. Ogień do zapalnika lontowego przekazuje lont ogniowy o prędkości palenia się ok. 1 cm/s. Zapalnik lontowy składa się z lontu ogniowego oraz spłonki pobudzającej. Lont prochowy wprowadzany jest do wolnej przestrzeni w spłonce. W końcu tulei znajduje się wgłębienie kumulacyjne, wzmacniające efekt działania spłonki. Ten sposób pobudzania był

w szerokim zakresie stosowany dawniej. Ze względu na wrażliwość inicjujących mat. wybuch. spłonki pobudzające są najbardziej niebezpieczne spośród wszystkich środków stosowanych w technice strzałowej. Obchodzenie się z nimi wymaga największej ostrożności.

pobudzanie wybuchu, patrz inicjowanie wybuchu.

pobudzenia charakter, pobudzenie mat. wybuch. inicjujących i niektórych kruszących, takich jak nitrogliceryna i nitromanit, ma postać wybuchową. Większość pozostałych materiałów daje pobudzenie miękkie w postaci bardziej lub mniej burzliwego spalania. Zjawisko pobudzenia różni się od zjawiska normalnego spalania tym, że w przypadku pobudzenia mat. wybuch. spala się przy granicznie wysokiej temperaturze początkowej, do której może być ogrzany, ponadto pobudzenie nie powstaje od zewnętrznego źródła wysokiej temperatury, lecz na skutek samozapłonu.

pobudzenie miękkie, patrz wyfuknięcie.

pobudzenie wielopunktowe, występuje wówczas, gdy ładunek zostaje pobudzony równocześnie w kilku miejscach rozłożonych równomiernie w stosunku do jego długości. Jest to korzystne, gdy ładunek na całej długości napotyka równomierny opór ośrodka otaczającego, np. calizny w robotach strzałowych.

pobudzenie wybuchu, patrz inicjowanie wybuchu.

pochodne nitrowe krezoli, spośród trzech izomerycznych krezoli jedynie m-krezol ma znaczenie jako surowiec do otrzymywania trwałej trójnitrowej pochodnej. Nitruje się zazwyczaj techniczny „metakrezol" zawierający około 60% tego związku i 40% p-krezolu. W czasie energetycznego nitrowania do trójnitrowej pochodnej p-krezol ulega utlenieniu na kwas szczawiowy. Obecność grupy metylowej ułatwia wprowadzenie grup nitrowych, jednakże zwiększa też łatwość przebiegu procesów utleniania, dlatego wydajność nitrowania jest mniejsza niż nitrowania fenolu; z czystego m-krezolu w ilości 100 części otrzymuje się 150—160 części trójnitro-m-krezolu.

Pochwalski Jerzy, chemik, absolwent wyższej uczelni w Wiedniu; przed 1930 r. podjął pracę w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Krywałdzie* na stanowisku szefa-chemika. Odpowiadał za kontrolę surowców i wytwarzanych produktów opracowując ścisłe warunki odbioru. Był prekursorem produkcji tworzyw sztucznych (bakelitów) oraz tworzyw lanych w Polsce.

„Pocisk" Sp. Akc. Zakładów Amunicyjnych, założona na początku lat dwudziestych jako spółka polsko-francuska, z siedzibą w Warszawie; budowę rozpoczęto w 1919 r. zaś produkcję uruchomiono w 1921 r. Fabryka elementów metalowych (części uzbrojenia) mieściła się w Warszawie na Pradze, zaś fabryka elaboracji pocisków w Rembertowie. Podobno, pod koniec lat dwudziestych pod względem produkcji amunicji spółka zajmowała drugie miejsce w Europie. Dyrektorem naczelnym spółki był inż. Margulies, następnie inż. Dmochowski, zaś dyrektorem technicznym inż. Płużański (po II wojnie światowej prof. Politechniki Warszawskiej). W fabryce w Rembertowie istniały następujące oddziały: produkcji spłonek, zapalników, lontu, oraz gotowalnia piorunianu rtęci, a także wydział mechaniczny. Wyrabiano puszki trotylowe o masie 1 kg, pociski artyleryjskie i inne. Na stanowisku kierownika gotowalni piorunianu rtęci zatrudniony był inż. Konstanty Podwysocki. Prowadził on także oddział elaboracji spłonek. Wytwórnia była akcjonariuszem spółki *Sepewe*. Zawarła wiele umów niekorzystnych dla skarbu państwa. Z dniem 1 II 1932 r. zgodnie z rozkazem ministra spraw wojskowych, po wykupieniu części fabryki (w Rembertowie) utworzono Wojskowy Zakład Pirotechniczny podległy Departamentowi Uzbrojenia Min. Spraw Wojskowych. Następnie 31 VII 1935 r. zmieniono jej nazwę na *Wytwórnia Amunicji nr 2 w Rembertowie*. Równolegle w Warszawie działała fir-

ma „*Pocisk*", zajmująca się produkcją metalowych części do amunicji, lecz krótko, gdyż w posiadanych przez nią budynkach umieszczono *Zakłady Polskiego Fiata*. W latach 1935—36 dyrektorem naczelnym *Wytwórni Amunicji nr 2 w Rembertowie* był ppłk inż. Jerzy Zapolski, a technicznym inż. Janusz Tymowski (obecnie prof. Politechniki Warszawskiej). Od 1937 r. dyrektorem naczelnym został płk inż. Czesław Szyndler, zaś od 1938 r. dyrektorem technicznym inż. Konstanty (?) Holowacz, uprzednio kierownik Stacji Doświadczalnej. W skład *Wytwórni Amunicji nr 2* wchodziły: a) wydział spłonek prowadzony przez inż. Wacława Goliszewskiego (oddział piorunianu rtęci prowadził inż. K. Podwysocki, następnie inż. Godlewski); b) wydział zapalników prowadzony przez inż. Reslera, następnie inż. mechanika Kazimierza Szypulę (produkowano tu zapalniki natychmiastowe do pocisków i bomb); c) wydział armauni prowadzony przez inż. Stanisława Koteckiego (elaborowano tu pociski trotylem), następnie od 1937 r. przez inż. Żukowskiego; d) dział lontów prowadzony przez inż. Borkowskiego, podległy bezpośrednio inż. W. Goliszewskiemu (produkowano tu lonty prochowe i detonujące; proch do lontów sprowadzano z *PWP w Pionkach*, zaś lonty detonujące wytwarzano z piorunianu rtęci); e) laboratorium prowadzone do 1937 r. przez inż. K. Podwysockiego; f) Stacja Doświadczalna prowadzona przez płk. Możdżenia, następnie przez inż. Godlewskiego (prace badawcze prowadzili tu inż. Holowacz, inż. Resler od 1938 r. i inni).

podstawowe charakterystyki prochu, zespół własności fizykoenergetycznych prochu i wielkości geometrycznych ziaren prochowych, umożliwiających programowanie procesu wystrzału. Zalicza się do nich zwłaszcza gęstość masy prochowej, ciepło rozkładu wybuchowego (kaloryczność), tzw. siłę prochu, współobjętość produktów spalania (gazów prochowych), szybkość spalania w zależności od ciśnienia oraz geometryczne charakterystyki progresywności, zależne od kształtu ziaren prochowych. Własności fizykoenergetyczne prochu określa się doświadczalnie za pomocą bomby kalorymetrycznej (ciepło rozkładu wybuchowego) i bomby manometrycznej (siła prochu, kowolumen, szybkość spalania). Wyznaczaniem i wykorzystywaniem p.ch.p. prochu zajmuje się balistyka wewnętrzna.

podsypka prochowa, ładunek prochu dymnego, umieszczony w woreczku przylegającym bezpośrednio do gniazda zapłonnika. Służy do szybkiego zapalania ładunku miotającego lub napędowego.

podsypka zapalająca, patrz podsypka zapłonowa.

podsypka zapłonowa, niewielka ilość prochu czarnego lub specjalnej masy pirotechnicznej w obudowie, stosowana do spowodowania zapłonu ładunku w silniku rakietowym na paliwo stałe. Zapalana jest za pomocą zapłonnika, najczęściej elektrycznego.

Podwysocki Konstanty, 1901—1972, absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością mat. wybuch. (1928). W 1925 r. podjął pracę w *Zakładach Amunicyjnych „Pocisk"* w Rembertowie, gdzie pełnił funkcje kierownika laboratorium, gotowalni piorunianu rtęci, oddziału spłonek, szefa bezpieczeństwa, kierownika Stacji Doświadczalnej oraz kierownika Biura Studiów i Opracowań. W 1938 r. podjął pracę w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym*, zaś w 1939 r. w nowo budowanej przez *Sp. Akc. „Lignoza"* fabryce mat. wybuch. w Pustkowie na stanowisku kierownika Laboratorium Fabrycznego. W latach 1941—46 pracował w Stacji Doświadczalnej (dział kapiszonów, kapsli i zapłonników) przy fabryce R.O.F. w Chorley (Wielka Brytania) jako oficer eksperymentalny.

podział energii wybuchu, przemiana energii potencjalnej na pracę mechaniczną w trakcie wybuchu zachodzi ze znacznymi stratami, do których zaliczane są straty: chemiczne, cieplne i mechaniczne. Straty chemi-

czne spowodowane są tym, że reakcja *przemiany chemicznej nigdy nie jest* pełna. Ogólnie można powiedzieć, że straty związane z niepełnym przereagowaniem mat. wybuch. są tym większe, im mniejsza jest średnica ładunku. Cała energia mat. wybuch., z wyjątkiem strat chemicznych, wydziela się w momencie wybuchu w postaci ciepła i stanowi pełną, faktyczną jego energię cieplną. Jednakże z powodu *strat cieplnych*, bądź termodynamicznych, niecała energia cieplna może być zamieniona na pracę mechaniczną. Pracę wybuchu można rozpatrywać jako pracę adiabatycznego rozszerzania się, przy którym nie ma wymiany cieplnej pomiędzy produktami wybuchu a mat. wybuch. Pełna zamiana ciepła na pracę mechaniczną w procesie adiabatycznego rozszerzania możliwa jest tylko wówczas, gdy proces rozszerzania realizuje się do nieskończenie dużej objętości. Umownie za granicę podziału można przyjąć wielkość ciśnienia atmosferycznego. Jest to tzw. idealna praca wybuchu. Efektywność, wyrażona stosunkiem części *energii przeznaczonej na wykonanie* pracy użytecznej do ogólnej energii mat. wybuch., zawsze jest mała i w niektórych przypadkach nie przewyższa 5—6%.

podziemna walka minowa, działania bojowe polegające na wykonywaniu podziemnych chodników minowych w kierunku umocnień przeciwnika, w celu zniszczenia na pewnym odcinku jego obrony za pomocą ładunku mat. wybuch. (miny); dawniej przez usunięcie stempli i zawalenie wyrobiska wydrążonego pod nieprzyjacielskim murem obronnym. P.w.m. może być prowadzona jako natarcie minowe lub obrona minowa. Celem natarcia minowego jest zniszczenie (wysadzenie) ważnych obiektów fortyfikacyjnych lub poszczególnych pozycji obronnych nieprzyjaciela, a obrona minowa ma za zadanie podziemną osłonę własnych obiektów fortyfikacyjnych przed atakiem wroga. Podstawowymi środkami p.w.m. są podziemne miny lub przeciwminy, czyli duże ładunki mat. wybuch., którymi wypełnia się wykonane do tego celu komory podziemne. P.w.m. pojawiła się w XV w. z chwilą zastosowania prochu w działaniach wojennych. Wywodzi się od stosowanych już w starożytności podkopów pod mury obleganych twierdz. W 1441 r. Turcy zastosowali p.w.m. przy obleganiu Belgradu, a w 1453 r. — Konstantynopola. W szerszym zakresie stosowano ją w XVI—XIX w. (np. oblężenie Kazania w 1552 r. i Pskowa w 1581—82 r.). Intensywne p.w.m. prowadzono podczas oblężenia Sewastopola (1854—55). W ciągu 7 miesięcy strona oblegająca (Anglicy i Francuzi) wykonała 1260 m chodników, odpaliła ładunki długości 136 m o łącznej masie 66 t prochu, a oblężeni Rosjanie wykonali 6783 m chodników i odpalili 94 przeciwminy podziemne o łącznej masie 12 t prochu. Podczas I wojny świat. p.w.m. prowadzono na szeroką skalę, szczególnie na froncie zachodnim, gdzie zaangażowano 800 000 ludzi (w angielskim korpusie ekspedycyjnym było 25 000 specjalnie zmobilizowanych górników walijskich); na froncie wschodnim prowadzono ją na 50 odcinkach. Manewrowy charakter działań bojowych II wojny świat. ograniczył możliwość zastosowania p.w.m., chociaż wojska radzieckie uskuteczniły 20 podziemnych ataków minowych. Współcześnie taki rodzaj walki może znaleźć zastosowanie w wojnach konwencjonalnych.

Pofit-Szczepańska Melania, ur. 1935 r., doktorat na temat badań wybuchowości pyłów żywicy fenolo-formaldehydowej (1973). Specjalistka w dziedzinie fizykochemii spalania i wybuchów. Autorka 44 publikacji naukowych; wykładowca w Wyższej Szkole Pożarnictwa w Warszawie.

Pokrowskij Georgij Josifowicz, ur. 1901 r., radziecki uczony w dziedzinie fizyki technicznej, generał-major. W latach 1932—47 prof. Wojskowo-Inżynieryjnej Akademii im. W.N. Kujbyszewa, od 1947 r. Wojskowo-Lotniczej Akademii Inżynieryjnej im. H.E. Żukowskiego. Znany z prac w dziedzinie fizyki i mechaniki grun-

tu, teorii wybuchu, teorii modelowania i innych. Opracował nowe sposoby prowadzenia prac ziemnych stosując wybuch ukierunkowany.

polar viking, górniczy mat. wybuch. o prędkości detonacji 3650 m/s.

pole minowe: 1) zaminowany obszar bronionego terenu. Rozróżnia się p.m. przeciwpancerne, przeciwpiechotne, mieszane lub specjalnego przeznaczenia. Poszczególne p.m. są najczęściej elementami pasów zapór inżynieryjnych, osłaniających pozycje zajęte przez wojska. Miny układa się w kilku rzędach, zmieniając często schemat rozstawienia i stosując elementy uniemożliwiające rozbrojenie ich. Gęstość p.m. określa się liczbą min przypadających na 1 mb.; 2) część morza, jeziora lub odcinek rzeki, gdzie postawiona jest jedna lub kilka zapór minowych przeciw okrętom nawodnym lub podwodnym.

pole minowe kierowane, pole minowe, na którym miny sterowane są za pomocą urządzeń *elektrycznych*, radiowych lub mechanicznych; umożliwiają one w dowolnym czasie wprowadzenie min w stan bojowy lub spowodowanie wybuchu określonej ich grupy.

pole rażenia całkowitego, powierzchnia, na której w czasie wybuchu jednego pocisku (granatu, bomby) ulega rażeniu ok. 80% celów.

pole rażenia skutecznego, powierzchnia, na której w czasie wybuchu jednego pocisku (granatu, bomby) ulega rażeniu ok. 50% celów.

poligon atomowy, odpowiednio przygotowany teren, na którym wykonuje się doświadczalne wybuchy jądrowe. Zazwyczaj p.a. tworzone są w okolicach słabo zaludnionych, a więc na pustyniach i samotnych wyspach oceanicznych. Do pustynnych p.a. należy amerykański poligon w stanie *Nevada w pobliżu Las Vegas*, francuski poligon Regan, usytuowany na Saharze, radziecki poligon w centralnej Syberii w okolicach Semipałatyńska, chiński poligon położony na północ od masywu gór Tybetu nad jeziorem Łob-nor oraz angielski poligon w Australii na Pustyni Wiktorii w bazie Woomera i Maraling. Do wyspowych p.a. należą cztery duże poligony znajdujące się na wyspach leżących w samym środku Oceanu Spokojnego; są to poligony USA, zlokalizowane na Wyspach Marshalla (Atole Bikini i Eniwetok) i na wyspie Johnsona, poligon angielski położony na Wyspie Bożego Narodzenia oraz poligon francuski na Atolu Muruora. Ponadto istnieje angielski p.a. na Wyspach Monte Bello w pobliżu zachodniego wybrzeża Australii oraz poligon radziecki w pobliżu bieguna płn. na Wyspie Nowa Ziemia. Większość p.a. zlokalizowana jest na półkuli północnej, z czego trzy w Azji, jeden w Afryce, jeden w Ameryce Południowej oraz trzy na Oceanie Spokojnym. Tylko trzy poligony znajdują się na półkuli południowej: mianowicie dwa w Australii i jeden na Oceanie Spokojnym. Takie rozmieszczenie p.a. nie jest najwłaściwsze ze względu na możliwość skażeń promieniotwórczych, powodowanych przez opady radioaktywne i w konsekwencji zagrożenie zdrowia ludzi. Trzeba dodać, że 90% ludności świata zamieszkuje półkulę północną, na której znajduje się ponad 70% wszystkich p.a.

potencjał materiału wybuchowego, energia potencjalna, praca, jaką mogą wykonać gazy wybuchowe powstałe z 1 kg mat. wybuch. przy adiabatycznym rozszerzaniu się i ochładzaniu do absolutnego zera.

poudre B., patrz proch Vieille'a.

powylotowe działanie gazów, działanie gazów prochowych w czasie wystrzału od chwili wylotu pocisku z przewodu lufy do umownego momentu, w którym ciśnienie gazów prochowych w przewodzie lufy zrówna się praktycznie z ciśnieniem otoczenia. *Ciśnienie gazów prochowych działa* wtedy na lufę powodując zwiększenie prędkości odrzutu, na mechanizmy broni, a początkowo także na dno pocisku, nadając mu dodatkowy, stosunkowo niewielki przyrost prędkości.

praca materiału wybuchowego, praca wykonana za pośrednictwem wytwarzanych podczas wybuchu produktów gazowych. Produkty gazowe wybuchu w procesie rozszerzania się powodują szybką przemianę energii potencjalnej mat. wybuch. w pracę mechaniczną lub energię kinetyczną poruszających się gazów. W tabeli przedstawiono objętości gazowych produktów wybuchu w warunkach normalnych. Jak widać z 1 kg skondensowanego mat. wybuch. powstaje około 750 l produktów gazowych. Inaczej dzieje się przy wybuchu mieszanin gazowych, gdzie zwiększenie objętości może być tylko niewielkie, a nawet może nastąpić zmniejszenie jej, np. w przypadku reakcji $2\,H_2 + O_2 = 2\,H_2O + 257{,}8$ kcal. Zmniejszenie objętości tej reakcji zostaje zrekompensowane przez jej egzotermiczność i szybkość, dzięki czemu ciśnienie wybuchu

Objętość produktów wybuchu

Mat. wybuch.	Objętość produktów gazowych (l)	
	z 1 kg mat. wybuch.	z 1 l mat. wybuch.
Nitroceluloza (13,3% N)	765	995
Kwas pikrynowy	715	1145
Trotyl	740	1180
Nitrogliceryna	690	1105

osiąga jednak wartość 10 atm. Znaczenie wytwarzanych gazów dla procesów wybuchowych można zilustrować za pomocą znanej reakcji termitowej: $2Al + Fe_2O_3 = Al_2O_3 + 2Fe + 198$ kcal. Reakcja ta przebiega bez jakichkolwiek objawów wybuchu, chociaż temperatura produktów ciekłych sięga 3270 K.

praca rzeczywista, praca, jaką mogą wykonać gazy wybuchowe przy uwzględnieniu ograniczającego ją wpływu ciśnienia otaczającego środowiska.

praca użyteczna, stosunek rzeczywistej pracy do potencjału mat. wybuch.

prace strzałowe, termin stosowany do określenia prac prowadzonych z użyciem mat. wybuch.

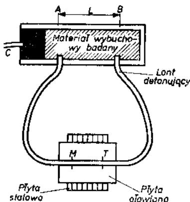
prace strzelnicze, patrz prace strzałowe.

prasa Baranowskiego, prasa mechaniczna stosowana głównie do cechowania i ściskania zgniotków, służących do pomiaru ciśnienia maksymalnego gazów prochowych. Obciążenie zgniotka siłą uzyskuje się w wyniku działania siły ciężkości mas (dużych ciężarków), przekazywanej poprzez układ dźwigni. Charakteryzuje ją duża dokładność, zwłaszcza powtarzalność wywieranych nacisków. Ma stosunkowo niewielki prześwit, a ruch (przesuw) części roboczej przystosowany jest do wymiarów zgniotków używanych w badaniach balistycznych.

prawo spalania prochu, w balistyce wewnętrznej geometryczne prawo palenia, które mówi, że ziarna prochowe spalają się równoległymi warstwami z jednakową prędkością przemieszczania się płomienia w głąb ziarna na całej jego powierzchni. Szybkość przemieszczania się płomienia nazywa się liniową prędkością spalania; jej wartość zależy od rodzaju prochu, tzn. od jego składu chemicznego i temperatury palenia się, a przede wszystkim od ciśnienia gazów prochowych otaczających palącą się powierzchnię ziarna. Liniowa prędkość spalania może wynosić od części mm/s (dla małych ciśnień) do kilkudziesięciu m/s (dla dużych ciśnień). Zależność ta, mająca postać odpowiedniej funkcji określonej doświadczalnie, nazywa się prawem szybkości spalania.

prędkość detonacji (pomiar), prędkość przebiegu reakcji przemiany wybuchowej należy do najważniejszych cech mat. wybuch. Wraz z jej wzrostem rośnie kruszność mat. wybuch. Jako pierwsi p.d. zmierzyli Berthelot i Vieille (1885). Ich metoda pomiaru polegała na stosowaniu bardzo długiej ścieżki mat. wybuch. (200 m); czas mierzyli za pomocą czułego chronografu. Zasadę tę zachowuje się do dzisiaj, przy czym zmniejszono o kilka rzędów wielkości

bazę pomiarową i udoskonalono metody pomiaru odstępów czasu. Konieczność stosowania precyzyjnych aparatów do pomiaru p.d. została wyeliminowana przez Dautriche (1906) w wyniku opracowania metody pośredniego pomiaru. Metoda ta jest prosta i tania oraz pozwala na stosowanie krótkich ścieżek mat. wybuch. Polega na porównaniu p.d. badanego



Schemat urządzenia do pomiaru prędkości detonacji wg Dautriche

mat. wybuch. i lontu detonującego, przy czym prędkość lontu jest określona. Lont detonujący przymocowuje się do końców ścieżki mat. wybuch. o nieznanej prędkości detonacji i pobudza go w jednym z końców. Warunkiem jest, aby punkt spotkania się fal detonacyjnych przebiegających przez lont naprzeciw siebie mógł być dokładnie ustalony. Sposób przeprowadzania pomiaru pokazano na rysunku. Materiał badany znajduje się w rurze i pobudzany jest detonatorem C. Gdy fala detonacyjna osiągnie lont detonujący w punkcie B, zostaje zapoczątkowana jego detonacja. Obie fale detonacyjne przebiegające przez lont spotkają się w punkcie T. W wyniku zderzenia się fal w tym punkcie, na płycie ołowianej, na której leży lont, pozostanie odciśnięta rysa (wgłębienie). Punkt M jest zmierzoną połową długości lontu detonującego użytego w badaniu. Punkt T leży od niego na prawo w odległości a, ponieważ detonacja w punkcie B rozpoczyna się później niż w A. Znając p.d. lontu detonującego, odcinek AB oraz odległość a, wyznaczamy p.d. badanego mat. wybuch.

prędkości detonacji dyskretne, detonacja ciekłych estrów azotowych (nitrogliceryna, nitroglikol, nitrometyl) może przebiegać z dwoma prędkościami. Duża prędkość detonacji, odpowiadająca pełnej energii potencjalnej, występuje przeważnie w ładunkach o dużej średnicy oraz przy silnym bodźcu pobudzającym i wynosi 6000—8000 m/s. W ładunkach o małej średnicy prędkość detonacji wynosi około 1500 m/s. W przypadku pobudzenia słabym bodźcem mała prędkość detonacji występuje także w ładunkach o dużej średnicy. Spowodowane jest to prawdopodobnie niecałkowitym rozkładem mat. wybuch.

prędkość detonacji obliczana metodą J. N. Ajzenstadta, patrz metoda J.N. Ajzenstadta.

prędkość detonacji obliczana metodą Landau-Staniukowicza, patrz metoda Landau-Staniukowicza.

prędkość detonacji obliczana metodą Martin-Yallopa, patrz metoda Martin-Yallopa.

prędkość detonacji obliczana metodą M. Pągowskiego, patrz metoda M. Pągowskiego.

prędkość detonacji obliczana metodą Schmidta, patrz metoda A. Schmidta.

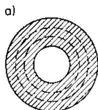
prędkość dźwięku, prędkość rozchodzenia się fal małych zaburzeń (m.in. fal dźwiękowych) w ośrodkach sprężystych. P.dź. w cieczach i ciałach stałych $a = \frac{E}{\rho}$ (E — moduł sprężystości objętościowej, ρ — gęstość), a w gazach $a = \sqrt{kRT}$ (k — wykładnik adiabaty, R — uniwersalna stała gazowa, T — temperatura gazu w °K); dla powietrza $a \approx 20\sqrt{T}$, na poziomie morza w temperaturze 15°C p.dź. równa się 340,27 m/s; ze wzrostem

wysokości o każde 250 m p.dź. maleje o 1 m/s aż do granicy troposfery (11 km n.p.m.), w stratosferze (od 11 do 33 km n.p.m.) p.dź. jest stała i wynosi 296 m/s.

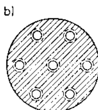
proch, miotający mat. wybuch. charakteryzujący się odpowiednimi własnościami energetycznymi i balistycznymi. Do p. zalicza się **p.** czarny będący mieszaniną składników i p, bezdymny (koloidalny). W skład p. wchodzi zarówno substancja palna, jak i utleniacz, co umożliwia spalanie się p. bez dostępu tlenu.

proch amonowy, odmiana prochu czarnego, stosowana w czasie I wojny świat. w Rosji i Niemczech. Składał się z 85% azotanu amonowego i 15% węgla drzewnego. Cylindrycznie prasowane słupy takiego prochu dodawano do ładunków prochu bezdymnego w ilości 1/3 do 1/2 całego ładunku.

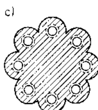
a)

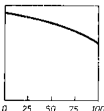


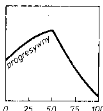
b)

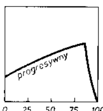


c)

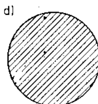




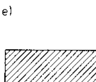


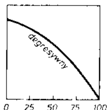


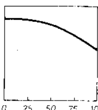
d)



e)







Zmiana powierzchni ziaren prochowych w czasie palenia się:
a) proch jednokanałowy, b) proch wielokanałowy, c) proch wielokanałowy karbowany, d) proch pełny (sznurowy), e) proch płytkowy

Dzięki temu uzupełniano brak nitrogliceryny.

proch B, patrz proch Vieille'a.

proch bezbłyskowy, inaczej proch bezpłomienny.

proch bezdymny (koloidalny), miotający mat. wybuch., który spala się regularnie równoległymi warstwami bez dymu. Podstawowym składnikiem p.b. jest nitroceluloza o różnej zawartości azotu, którą za pomocą plastyfikacji (żelatynizacji) w różnych rozpuszczalnikach przekształca się w *stałą masę koloidalną, służącą do formowania* ziarna prochowego o różnych kształtach i wymiarach. Pierwszym p.b. był tzw. proch nitrocelulozowy wynaleziony w latach 1882—1884 przez chemika francuskiego P. Vieille'a. Nazwany „Poudre B" w 1886 r. został wprowadzony do wojsk lądowych i marynarki wojennej zamiast dotychczas stosowanego prochu czarnego. Wynalazek Vieille'a stal się możliwy dzięki odkryciu w 1846 r. przez Ch. Schönbeina bawełny strzelniczej. Był to rodzaj nitrocelulozy. Nitroceluloza nadal stanowi podstawowy materiał do produkcji p.b. nitrocelulozowego. Typowy p.b. nitrocelulozowy składa się z ok. 95,5% nitrocelulozy, ok. 1% pozostałości rozpuszczalnika, którym jest zwykle alkohol, lub ok. 1,5% dwufenyloaminy, pełniącej rolę tzw. stabilizatora nitrocelulozy, ok. 1% kamfory jako plastyfikatora oraz ok. 1% wody w postaci wilgoci. P.b. dzielą się na: 1) prochy na rozpuszczalniku *lotnym, zwane nitrocelulozowe;* 2) prochy na rozpuszczalniku trudno lotnym, zwane balistytami, do których należą: *nitroglicerynowy oraz nitroglikolowy;* 3) prochy na rozpuszczalniku nielotnym, otrzymywane przez działanie na nitrocelulozę stałymi plastyfikatorami w podwyższonej temperaturze; 4) prochy na rozpuszczalniku mieszanym zwane kordytami; 5) prochy bez plastyfikatora, otrzymywane przez nitrowanie zagęszczonej nitrocelulozy (wiskozy). W zależności od własności i sposobu produkcji znane są p.b. specjalne (bezbłyskowe, małohigroskopijne, porowate, flegmatyzowane) i emulsyjne (kulkowe). W skład p.b. wchodzą dodatkowo: stabilizatory, podwyższające trwałość chemiczną (dwufenyloamina, centralit), plastyfikatory (ftalan dwubutylu, dwunitrotoluen), przyćmiewacz do tłumienia ognia przy wystrzale (siarczan potasowy), flegmatyzatory (kamfora, wazelina, wosk), katalizatory reakcji palenia (np. sole ołowiu i innych metali). W celu uzyskania *wyższej gęstości usypowej i zabezpieczenia* przed elektryzacją niektóre p.b. pokrywa się warstwą grafitu. W zależności od charakteru zmiany powierzchni ziaren prochowych w czasie palenia rozróżnia się proch progresywny, degresywny i o stałej powierzchni palenia. Pod wpływem bardzo silnego bodźca (spłonka detonująca wzmocniona detonatorem) p.b. detonuje z prędkością od 3500 do 8000 m/s. Ze względu na to, że podstawowe składniki mają charakter estrów kwasu azotowego, wymaga on systematycznego kontrolowania trwałości w czasie produkcji i składowania.

proch bezpłomienny (bezbłyskowy), proch bezdymny zawierający substancje gaszące płomień (przyćmiewacze), np. winian potasu, azotan potasu i chlorek potasu. P.b. stosuje się w celu utrudnienia lub uniemożliwienia wykrycia stanowisk broni palnej przez nieprzyjaciela. W czasie II wojny świat. Niemcy stosowali p.b. zawierający nitroguanidynę (zwany prochem gudolowym).

proch chloranowy, proch opracowany w 1785 r. przez Bertholleta w wyniku zastąpienia saletry potasowej w prochu czarnym chloranem potasu. Miał się składać z 76,72% $KClO_3$, 11,64% siarki i 11,64% węgla. Temperaturę wybuchu oceniono na 3889°C. Bardzo wrażliwy na uderzenie i tarcie.

proch czarny (dymny), mieszanina wybuchowa składająca się z saletry potasowej, węgla drzewnego i siarki (zob. tabela). Najbardziej znany skład: 75% saletry potasowej, 15% węgla drzewnego i 10% siarki. P.cz. należy do mat. wybuch. o małej mocy i zajmuje miejsce pośrednie

Skład prochu czarnego (strzelniczego)

Rok	Państwo	Saletra (%)	Węgiel drzewny (%)	Siarka (%)
1250	Anglia	41,2	29,4	29,4
1338	Francja	50,0	25,0	25,0
1350	Anglia	66,6	22,3	11,1
1560	Anglia	50,0	33,3	16,7
1560	Szwecja	66,6	16,6	16,6
1595	Niemcy	52,2	26,1	21,7
1608	Dania	68,3	23,2	8,5
1647	Anglia	75,5	16,6	16,6
1649	Niemcy	66,6	13,3	11,2
1650	Francja	75,6	13,6	10,8
1670	Anglia	71,4	14,3	14,3
1697	Szwecja	73,0	17,0	10,0
1742	Anglia	75,0	12,5	12,5
1775	Kolonie amerykańskie	75,2	13,5	11,3
1781	Anglia	75,0	15,0	10,0
1882	Niemcy	78,0	19,0	3,0

między mat. wybuch. kruszącymi i miotającymi, gdyż w zależności od gęstości, warunków reakcji chemicznej i sposobu inicjowania może palić się z małymi prędkościami lub ulegać wybuchowi z prędkościami rzędu setek m/s. Rozkłada się z wytworzeniem produktów gazowych (ok. 50%) i produktów stałych powodujących powstanie dymu. Produkowany jest w postaci nieregularnych ziaren prochowych o różnych rozmiarach, w zależności od przeznaczenia, koloru szaroczarnego o połysku metalicznym i gęstości od 1,50 do 1,93 g/cm³. P.cz. jest mieszaniną higroskopijną, przy zawartości 2% wilgoci zapala się z trudem, zaś przy 15% wilgoci traci zdolność do zapalania się. Bardzo wrażliwy na działanie iskry, nieco mniej na uderzenie. Jest najstarszym mat. wybuch. Odkrywcami p.cz. byli Chińczycy, od których sekret jego produkcji przekazany został do Indii, później do Azji Środkowej, a następnie w połowie XIII w. przez Arabów dotarł do Europy. W Chinach przez kilkaset lat był on stosowany wyłącznie do wytwarzania ogni sztucznych i rakiet. We wczesnym średniowieczu znane były mat. wybuch., których głównym składnikiem była saletra. Podczas oblężenia Konstantynopola przez Arabów (674) flota arabska została spalona przy użyciu ognia greckiego. Materiały miotające o składzie p.cz. wykorzystali Maurowie 1257 r. w czasie oblężenia Niebla w Hiszpanii oraz Tatarzy w bitwie pod Legnicą w 1241 r. Dokładny opis sporządzania p.cz. podał ok. 1249 r. Bacon. P.cz. Bacona składał się z 41% saletry, 29,5% węgla i 29,5% siarki. Przypisywanie wynalezienia p.cz. mnichowi niemieckiemu B. Schwartzowi w świetle nowych badań należy uznać za nieudowodnione.

proch czarny w Polsce, pierwszą wzmiankę o użyciu prochu i broni palnej można znaleźć w Statucie Wiślickim wydanym przez Kazimierza Wielkiego w 1347 r., natomiast w bitwie pod Grunwaldem zarówno Polacy jak i Krzyżacy zastosowali armaty. Pierwszy młyn prochowy w Polsce zbudowano w 1348 r. w Lignicy.

proch degresywny, proch, który spala się przy jednakowym ciśnieniu wytwarzając coraz mniejszą masę gazów w jednostce czasu.

proch dymny, inaczej proch czarny.

proch Favier, francuski bezpieczny mat. wybuch. o składzie: 87,4% NH_4NO_3 oraz 12,6% dwunitronaftalenu.

proch górniczy, odmiana prochu o temperaturze wybuchu 2320°C, cieple wybuchu 713 kcal/kg, zerowym bilansie tlenowym, objętości właściwej gazów 278 l/kg.

proch gudolowy, patrz proch bezpłomienny.

proch Kent, karbonit angielski o składzie: 23—25% nitrogliceryny, 30,5—33,5% KNO_3, 28—31% mączki

drzewnej, 9—11% szczawianu amonu, 3—6% wilgoci.

proch koloidalny, inaczej proch bezdymny.

proch lontowy, proch służący do wytwarzania lontów prochowych. Prędkość palenia p.l. wynosi w przybliżeniu 1 cm/s. Osiąga się to stosując odpowiednie uziarnienie prochu. Liczba ziaren w 1 g p.l. powinna wynosić 400—700.

proch nitrocelulozowy, odmiana prochu bezdymnego, otrzymywanego w wyniku żelatynizacji nitrocelulozy o wysokiej zawartości azotu rozpuszczalnikiem lotnym, np. mieszaniną eteru etylowego z alkoholem etylowym, usuwanym po uformowaniu się masy koloidalnej ziarna prochowego. Stosuje się go głównie w formie prochowych ładunków pistoletowych, karabinowych i artyleryjskich. Porowaty p.n. wykorzystuje się jako podsypkę prochową. Kaloryczność p.n. waha się w granicach 3352—3762 kJ/kg (800—900 kcal/ /kg), temperatura spalania wynosi 2500—2800 K, a objętość produktów gazowych 700—900 dm³/kg.

proch nitroglicerynowy, rodzaj prochu bezdymnego produkowanego jako balistyt, w wyniku żelatynizacji nitrocelulozy o niższej zawartości azotu (12% N) nitrogliceryną, lub jako kordyt, używając dodatkowo lotnego rozpuszczalnika, np. acetonu albo mieszaniny alkoholu i eteru do plastyfikacji nitrocelulozy (13% N). P.n. stosowany jest w ładunkach prochowych moździerzowych, artyleryjskich, a p.n. typu balistytu jako stałe paliwo rakietowe. Gęstość p.n. wynosi 1,56—1,62 kg/dcm³, kaloryczność 3762—5016 kJ/kg (900—1200 kcal/kg), temperatura spalania 3000—3500 K, objętość produktów gazowych 800—860 dcm³/kg.

proch nitroglikolowy, proch typu balistytu, w którym do żelatynizacji nitrocelulozy zamiast nitrogliceryny zastosowano dwuazotan dwuetylenoglikolu (dwunitroglikol). Własności i zastosowanie p.n. są podobne jak prochu nitroglicerynowego.

prochownica, pojemnik z drewna, metalu, rogu lub kości używany przez piechotę w XVI—XVII w. do noszenia prochu. W górnej części p. znajdowała się metalowa rurka z urządzeniem umożliwiającym dokładne odmierzenie porcji prochu, stanowiącej jeden ładunek.

proch piroksylinowy, inaczej proch nitrocelulozowy.

proch progresywny, proch, który

Procentowy skład niektórych prochów nitrocelulozowych

Nazwa składnika	Rodzaj prochu				
	zwykły	małohigroskopijny	bezbłyskowy	karabinowy	pistoletowy porowaty
Nitroceluloza (13% N)	93—96	83	81	91—95	96,7
Rozpuszczalnik eterowo-alkoholowy	1—4	2	2	1	0,5
Stabilizator (dwufenyloamina)	1	1	1	1	1
Flegmatyzator (kamfora)	—	—	—	2—6	—
Grafit	—	—	—	0,2—0,3	0,3
Dwunitrotoluen	—	10	10	—	—
Ftalan dwubutylu	—	3	4	—	—
Wilgoć	1,5—2,0	1	1	1,3—1,5	1,5

Procentowy skład prochów nitroglicerynowych i nitroglikolowych

Nazwa składnika	Nazwa i rodzaj prochu							
	kordyt		balistyt			balistyt rakiet.		
	moździerzowy	artyleryjski	moździerzowy	artyler. I	artyler. II	niemiecki	amerykański IPN	amerykański NRN
Nitroceluloza 13%	64,5	65,0	—	—	—	—	—	—
Nitroceluloza 12%	—	—	57,7	58,5	42,0	64,5	51,5	56,5
Nitrogliceryna	34,0	29,5	40,0	30,0	—	29,0	43,0	28,0
Dwunitrodwuglikol	—	—	—	—	18,5	—	—	—
Nitroguanidyna	—	—	—	—	30,0	—	—	—
Stabilizatory	1,0	2,0	2,0	3,0	1,6	5,5	1,0	4,5
Nitrozwiązki aromatyczne	—	—	—	7,5	—	—	—	11,0
Ftalany dwubutylu i inne	—	—	—	—	7,7	—	3,0	—
Wazelina, wosk	0,5	3,5	0,3	1,0	—	1,0	0,05	—
Sadza i inne	—	—	—	—	0,1	—	0,2	—
Siarczan potasowy	—	—	—	—	0,1	—	1,25	—
Dodatki ponad 100%								
aceton	0,5	1,5	—	—	—	—	—	—
wilgoć	0,4	0,5	0,6	0,5	—	0,5	0,6	0,6
grafit	—	—	*0,2*	—	—	*0,1*	—	—
tlenek magnezowy	0,2	—	—	—	—	0,25	—	—

spalając się wytwarza coraz większą masę gazów (produktów spalania) w jednostce czasu. Głównym czynnikiem określającym progresywność jest kształt ziarna (tzw. kształt progresywny), warunkujący wzrost pola palącej się powierzchni.

proch rakietowy, niekiedy stosowana nazwa do określania bezdymnych prochów nitroglicerynowych, z których wykonano grubościenne ziarna prochowe, będące materiałem pędnym w silnikach rakietowych.

proch rakietowy JPN, amerykański proch rakietowy o składzie: 51,5% nitrocelulozy, 43% nitrogliceryny, 1% centralitu, 3% ftalanu butylu, 1,25% siarczanu potasu, 0,2% sadzy gazowej, 0,05% wosku.

proch Schulzego, proch bezdymny wytwarzany w postaci ziaren sklejonej nitrocelulozy z dodatkiem azotanu potasowego lub barowego w celu zmniejszenia szybkości palenia się nitrocelulozy. Proch ten nadaje się tylko do broni myśliwskiej.

proch Vieille'a, proch, który składał się z mieszaniny dwóch rodzajów nitrocelulozy: wysokonitrowanej, nierozpuszczalnej w mieszaninie alkoholu i eteru — bawełny strzelniczej nr 1, i niskonitrowanej, rozpuszczalnej w alkoholu i eterze — bawełny strzelniczej nr 2, tj. bawełny kolodionowej.

produkty reakcji wybuchowej, związki lub pierwiastki, głównie w fazie gazowej, powstałe podczas przemiany wybuchowej mat. wybuch.

W skład p.r.w. mat. wybuch. o charakterze związków organicznych wchodzą: tlenek węgla, dwutlenek węgla, para wodna, azot, wodór, tlen, węgiel oraz w małych ilościach tlenki azotu, metan, amoniak, acetylen, cyjanowodór, dwucyjan. Skład ilościowy i jakościowy tych produktów zależy od: 1) składu chemicznego mat. wybuch.; 2) bilansu tlenowego; 3) rodzaju *przemiany wybuchowej*. *Można go* określić teoretycznie, za pomocą wzorów-praw termodynamiki chemicznej, lub praktycznie w bombie kalorymetrycznej albo wybuchowej. Przeciętna objętość p.r.w. dla stosowanych mat. wybuch. wynosi 600—950 l/kg w przeliczeniu na warunki normalne ($p = 1$ at i $T = 20°C$).

progresywność spalania, patrz *spalanie progresywne*.

Prokopowicz Edmund, ur. 1933 r., absolwent Politechniki Wrocławskiej, ze specjalnością technologia mat. wybuch., doktorat na temat technologii wykonywania ładunków kruszących o dużej wrażliwości na powierzchniowe i liniowe pobudzanie do detonacji (1977). Autor 2 patentów, 3 wzorów użytkowych, 7 prac publikowanych, ponad 20 prac niepublikowanych.

promień bezpieczeństwa, odległość okrętu od epicentrum wybuchu jądrowego, przy której okręt nie jest narażony na uszkodzenia mechaniczne kadłuba, nadbudówek i części zewnętrznych, a tym samym zachowuje pełną zdolność bojową określoną w ramach danych taktyczno-technicznych. P.b. wyznaczony jest metodą obliczeniową przy założeniu wytrzymałości kadłuba i siły wybuchu jądrowego.

promień krytyczny, odległość okrętu od epicentrum wybuchu jądrowego, przy której okręt traci zdolność bojową, ale zachowuje pływalność (nie tonie). Po przekroczeniu p.k. odkształceniu mogą ulec części nawodne, wieże działowe, pokłady, kadłub i inne.

promień rażenia, promień koła otaczającego obszar, w którym wybuch ładunku (pocisku) może razić cele.

propergole, związki chemiczne lub ich układy, które zawierają zarówno pierwiastki paliwowe jak i tlen, czyli paliwo i utleniacz i są uniezależnione od utleniania „zewnętrznego", np. tlenu z powietrza. Do p. należą wszystkie mat. wybuch. oraz paliwa rakietowe.

Prot Jan, 1891—1957, studiował początkowo na Uniwersytecie Jagiellońskim, *następnie do wybuchu I wojny świat.* w Monachium. W 1914 r. wstąpił do Legionów Polskich. W 1920 r. kontynuował naukę na Politechnice Lwowskiej i Uniwersytecie we Lwowie.



Prot Jan

Obronił pracę doktorską z zakresu chemii fizycznej. Jednocześnie ukończył Akademię Sztabu Generalnego w Warszawie. Uruchomił fabrykę kwasu azotowego w Chorzowie. W latach 1924—25 był dyrektorem technicznym w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Krywałdzie (Sp. Akc. Lignoza)*. W drugiej połowie 1926 r. został powołany na stanowisko dyrektora naczelnego nowo budowanej *Państwowej Wytwórni Prochu i Materiałów Kruszących w Zagożdżonie* (później Pionkach) i pełnił je do wybuchu II wojny świat. W rekordowo krótkim czasie wyposażył fabrykę w nowoczesne urządzenia i maszyny i uruchomił ją. Dzięki niemu wytwórnia w szybkim czasie zaczęła

skutecznie konkurować z wielkimi firmami zagranicznymi. W 1932 r. wydano przetłumaczoną przez niego książkę *Zasady chemii nieorganicznej* W. Ostwalda. Po wybuchu II wojny świat. przedostał się do Anglii, gdzie pracował w charakterze zastępcy kierownika działu w fabryce amunicji w Irandham. W 1943 r. został powołany do Wojskowego Instytutu Technicznego w Londynie. W latach 1945—48 z zespołem przełożył na język polski podręcznik akademicki chemii fizycznej A. Findleya. W 1948 na uniwersytecie w Edynburgu uzyskał tytuł dr. filozofii. Po wojnie został wykładowcą na kursach chemicznych w Edynburgu.

Proust Joseph Louis, 1754—1826, prof. chemii w Szkole Artyleryjskiej w Segovii i Madrycie (1791—1808), a od 1808 r. we Francji. Prowadził prace badawcze w dziedzinie analizy chemicznej (sformułowanie prawa stosunków stałych), odkrył wodorotlenki metali, wydzielił cukier z winorośli, wykazał istnienie różnych cukrów, badał mat. wybuch.

próba Abla (jodoskrobiowa), jedna z prób trwałości chemicznej nitrogliceryny, dynamitu i prochu nitroglicerynowego; za pomocą p.A. określa się czas zmiany zabarwienia papierka jodoskrobiowego pod wpływem produktów rozkładu badanego materiału.

próba Hansena, próba oznaczania trwałości mat. wybuch., polegająca na ogrzewaniu w termostacie przy 110°C dziewięciu próbek mat. wybuch., a następnie na wyznaczaniu co godzinę stężenia jonów wodorowych (pH) w kolejnej próbce. Łączna wartość pH dla prochów trwałych powinna wynosić nie mniej niż 30.

próba Hessa, patrz Hessa próba.

próba lakmusowa, inaczej próba Vieille'a.

próba stałości Abela, przeprowadzana w celu kontroli stopnia ustabilizowania nitrocelulozy w temperaturze 65°C. Kilkanaście g nitrocelulozy suszy się przez 2,5 godz. w temperaturze 100°C, następnie pozostawia przez 30 min. na powietrzu. Jest to niezbędne, gdyż w tych warunkach nitroceluloza pobiera z powietrza 0,5—1,5% wilgoci, która potem służy do przemiany tlenków azotu w kwas. Przygotowaną w ten sposób próbkę (nitrocelulozy) umieszcza się na dnie szklanej rury, zamkniętej korkiem, przez który przechodzi pałeczka szklana, wyciągnięta i zaokrąglona na haczyk. Na tym haczyku zawiesza się papierek jodoskrobiowy, zwilżony do połowy wodą z gliceryną. Rurę umieszcza się w kąpieli wodnej, ogrzanej do 65°C. Przy tej temperaturze następuje po pewnym czasie rozkład nitrocelulozy, wywiązuje się tlenek azotu, który wraz z tlenem z powietrza zamkniętego w rurze przechodzi w dwutlenek, ten zaś utlenia się i wydziela na papierku jodoskrobiowym jod, co można zauważyć na linii oddzielającej suchą i zwilżoną część papierka. W tym miejscu pozostaje zwykle lekkie zabarwienie. We Francji uważa się, że nitroceluloza jest dostatecznie ustabilizowana, gdy zabarwienie nie powstanie do 25 min., w USA do 35 min.

próba stałości Bergmana i Yuneka, patrz Bergmann.

próba stałości francuska, przeprowadzana w temperaturze 110°C w celu kontroli stałości nitrocelulozy. Około 2 g nitrocelulozy umieszcza się na dnie szklanej rury (patrz próba stałości Abela) i zawiesza na haczyku kawałek niebieskiego papierka lakmusowego. Papier lakmusowy musi być przygotowywany zawsze w tych samych warunkach. Rurę ogrzewa się w kąpieli glicerynowej do 110°C i obserwuje papierek. Ogrzewa się tak długo, dopóki papierek nie zaróżowi się, jeżeli zaś nastąpi to przed upływem 7 godz., wówczas stałość próby nie jest dostateczna.

próba stałości niemiecka, przeprowadzana w celu kontroli stałości nitrocelulozy w temperaturze 135°C w kąpieli ksylenowej tak samo, jak próba stałości francuska. Zaróżowienie papierka nie może następować przed upływem 1 godz.

próba stałości SY, amerykańska próba używana głównie do określania stałości prochu bezdymnego. Polega na stopniowym oznaczaniu straty na wadze suchej nitrocelulozy, lub prochu podczas ogrzewania przez 8 godz. na dobę.

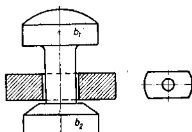
próba Vieille'a, lakmusowa, stosowana do oznaczania trwałości chemicznej nitrocelulozy i prochów bezdymnych, opracowana przez francuskiego chemika P. Vieille'a, wynalazcę prochu bezdymnego. Miarą trwałości w tej próbie jest czas zabarwienia się na różowo niebieskiego papierka lakmusowego, zamkniętego hermetycznie z badaną próbką mat. wybuch., ogrzewaną w termostacie w temperaturze 106,5°C (rzadziej 115°C). Najprostsza p.V. polega na jednorazowym ogrzaniu w termostacie próbki w czasie nie dłuższym niż 7 godz.; norma stałości chemicznej jest nie mniejsza od 6 godz. Złożona p.V. polega na 10-krotnym powtórzeniu próby prostej (w ciągu 10 dni), zawsze z nowym papierkiem lakmusowym; każdorazowo przeprowadzana do pojawienia się różowego zabarwienia niebieskiego papierka lakmusowego, ale nie dłużej niż w ciągu 7 godz. Norma trwałości chemicznej dla prochów nitrocelulozowych artyleryjskich wynosi nie mniej niż 60 godz., dla prochów nitrocelulozowych porowatych nie mniej niż 50 godz., dla prochów nitroglicerynowych artyleryjskich nie mniej niż 65 godz., dla prochów nitroglicerynowych moździerzowych nie mniej niż 50 godz.

próba wrażliwości na ostrzał, próba określająca wrażliwość bądź samego mat. wybuch. (wtedy przestrzeliwuje się kostkę mat. wybuch. sprasowanego bez otoczki lub w miękkiej otoczce papierowej), bądź wrażliwość amunicji ładowanej danym mat. wybuch. *i wtedy przestrzeliwuje* się mat. wybuch. załadowany w otoczce metalowej o odpowiedniej grubości i wytrzymałości. Do próbki substancji strzela się z karabinu z małej odległości, przy czym można zmieniać grubość przestrzeliwanej warstwy, szybkość pocisku itp. Jest oczywiste, że przez przestrzeliwanie otoczki metalowej znacznie zwiększa się wrażliwość badanego mat. wybuch. Bardzo dużo mat. wybuch., które nie wybuchają przy próbie przestrzeliwania bez otoczek, wybuchają w otoczkach metalowych.

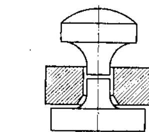
próba wrażliwości na tarcie, próba pozwalająca wyłącznie na jakościową ocenę wrażliwości mat. wybuch., niezależnie od przyrządu, na jakim zostaje przeprowadzona. Można wykonać ją najprostszym sposobem umieszczając 0,1 g danej substancji w niepolerowanym moździerzu porcelanowym i tarcie ją za pomocą tłoczka. Można stworzyć bardziej niekorzystne warunki próby przez ogrzewanie powierzchni tarcia lub dodanie do mat. wybuch. ostrego piasku, grubego proszku szklanego itp. Próba daje wartości porównawcze tylko przy równoczesnym przeprowadzaniu doświadczenia z materiałem wzorcowym. Bardziej dokładnym przyrządem jest wahadło tarciowe. Składa się ono z kowadełka stalowego i zawieszonego nad nim wahadła o ramieniu do 2 m długości, zaopatrzonego na końcu w stalowe kopyto. Podczas próby kopyto umocowuje się na określonej wysokości kolistej ramy; wysokość mierzy się na skali umieszczonej na ramieniu. Przy ruchu wahadła podeszwa kopyta przesuwa się wypukłą powierzchnią po kowadełku, które ma lekko wygiętą powierzchnię. Na kowadełku znajduje się pewne wgłębienie, na którym umieszcza się mat. wybuch. Określa się wysokość spadku wahadła z określonym ciężarem, przy której nie występuje wybuch, lub odwrotnie, występują wszystkie wybuchy przy 10 próbach. Często powierzchnia kowadła, w celu zwiększenia tarcia, jest dodatkowo porysowana. Próbę przeprowadza się porównując jej wyniki *z wynikami uzyskanymi przy zastoso*waniu znanych (wzorcowych) mat. wybuch., przy czym można dobierać wielkość ciężarka na wahadle i długość wahadła, tzn. dobierać zbliżenie kopyta do kowadła. Najczęściej stosowany i najdokładniejszy sposób ozna-

czania wrażliwości na tarcie polega na umieszczeniu badanego mat. wybuch. między dwoma talerzami i tarciu go przez górny talerz obracający się wokół swej osi. Wrażliwość na tarcie określa się tu ilościowo według masy górnego talerza, który dodatkowo obciąża się ciężarkami. Oczywiście dolną granicą wrażliwości jest tu masa własna talerza. Tę metodę należy również traktować jako dającą wyniki porównawcze a nie bezwzględne.

próba wrażliwości na uderzenie, przeprowadzana jest na młocie wolnospadowym (kafarze). Ciężar (młot) dowolnej wielkości, dobierany zależnie od wrażliwości badanego mat. wybuch., zawiesza się między dwoma skalowanymi ramami na pewnej wysokości nad specjalnie skonstruowanym kowadełkiem. Kowadełko wg Lenzego i H. Kasta składa się z dwu tłoczków stalowych b_1 i b_2 (patrz rys.), między



Kowadełko młota wolnospadowego wg Lenzego i Kasta



Kowadełko młota wolnospadowego wg Urbańskiego i Pietrzyka

Wrażliwość mat. wybuch. inicjujących

Mat. wybuch.	masa młota (kg)	Granica (cm)	
		dolna	górna
Piorunian rtęci	0,69	5,5	8,5
Piorunian srebra	0,69	7,0	12,5
Tetrazen	0,69	10,0	13,0
Azydek ołowiu	0,93	7,0	23,0
Trójnitrorezorcynian ołowiu	1,48	14,0	25,0

którymi umieszcza się mat. wybuch. Obydwa tłoczki są szczelnie dopasowane do pierścienia centrującego a. Ciężar spadający z góry uderza w tłoczek górny b_1. Ponieważ kształt tłoczka dolnego powoduje częste rozbijanie go, T. Urbański i Pietrzyk (1939) zaproponowali inną postać tłoczka, znacznie bardziej wytrzymałą (patrz rys.). Może on być poddany bardzo silnej obróbce dynamicznej bez obawy rozbicia go i wskutek tego daje bardziej dokładne wyniki prób. Przy umiejętnym obchodzeniu się z kafarem, granica błędów pomiaru nie przekracza 5%.

próby trwałości chemicznej, próby mające na celu zbadanie aktualnego stanu jakościowego mat. wybuch. oraz orzeczenie, jak długo można go jeszcze bezpiecznie stosować czy przechowywać. Istnieje wiele metod oznaczania trwałości chemicznej mat. wybuch., m.in. próba Abla, próba Vieille'a. Każdy przechowywany mat. wybuch. podlega okresowej kontroli pod względem trwałości i jakości.

przechowywanie materiałów wybuchowych, zespół czynności ujętych specjalnymi przepisami, mającymi na celu zapewnienie bezpieczeństwa osobom przechowującym i posługującym się mat. wybuch. oraz umożliwiających zachowanie odpowiedniej trwałości mat. wybuch., niezbędnej do późniejszego użytkowania ich. Do najważniejszych zasad p.m.w. należy zaliczyć: 1) proch i mat. wybuch. kruszące należy prze-

chowywać w suchych pomieszczeniach, w opakowaniu hermetycznym; 2) proch bezdymny należy przechowywać w pomieszczeniach o temperaturze nie przekraczającej +21°C; 3) najodpowiedniejsza temperatura do przechowywania prochu wynosi od +5 do +15°C; 4) w pomieszczeniach, w których przechowuje się proch, nie wolno magazynować innych przedmiotów, zwłaszcza łatwo palnych, oraz spłonek, petard itp.; 5) w pobliżu składów mat. wybuch. nie wolno rozpalać ognisk ani palić tytoniu; 6) do składów z mat. wybuch. nie wolno wchodzić w obuwiu podkutym lub z gwoździami; 7) przy otwieraniu skrzynek z prochem należy posługiwać się narzędziami miedzianymi, aby w razie przypadkowego uderzenia o gwóźdź nie powstała iskra; 8) wszelkie prace z mat. wybuch., ładunkami i pociskami może wykonywać wyłącznie personel odpowiednio przygotowany, w miejscach oddalonych co najmniej o 50 m od składu, 100 m od budynków mieszkalnych; 9) mat. wybuch. przewozi się specjalnymi konwojami zachowując środki ostrożności.

przeciwmina podziemna (kontrmina), ładunek mat. wybuch., umieszczony podobnie jak mina podziemna w komorze podziemno-minerskiej. P.p. stosowano w walce podziemno-minerskiej do niszczenia systemu podziemno-minerskiego nacierającego przeciwnika.

przejście spalania w detonację, w najprostszy sposób detonację można wywołać zapalając mieszankę znajdującą się w rurze, otwartej z jednej strony, w pobliżu zamkniętego końca. Spaliny nie mogąc uchodzić przesuwają świeżą mieszankę w kierunku wylotu. *W świeżej mieszance kształtuje się* wskutek tarcia profil prędkości powodujący zakrzywienie płomienia i wzrost jego powierzchni, co przyczynia się do dalszego wzrostu prędkości przepływu mieszanki. Prędkość ta bardzo szybko osiąga znaczne wartości. Wobec tego przepływ szybko staje się turbulentny i prędkość spalania dalej wydatnie rośnie. W tej sytuacji coraz większą rolę zaczyna odgrywać ściśliwość. Kolejne fale ściskania wynikające z przyspieszenia procesu spalania „doganiają się", tworząc coraz silniejszą falę uderzeniową. Sprężenie gazu, a zatem i wzrost temperatury powodują dalsze intensywne narastanie prędkości rozprzestrzeniania się płomienia. Szybkość procesu ciągle rośnie, w końcu sprężenie czynnika staje się tak duże, że mieszanka jest gotowa do samozapłonu, jednak czas indukcji jest jeszcze zbyt duży i samorzutny zapłon nastąpiłby za aktualnym położeniem czoła płomienia. Czas ten ulega dalszemu skróceniu i w pewnym momencie obszar samozapłonu trafia na grubo rozwinięte czoło płomienia turbulentnego. Następuje gwałtowna eksplozja dużej objętości mieszanki, powodująca z jednej strony ostateczne ukształtowanie fali detonacyjnej, z drugiej zaś — powstanie tzw. fali retonacyjnej w spalinach (schemat przebiegu tych zjawisk przedstawiono na rysunku). Cały proces kształtowania się fali detonacyjnej trwa bardzo krótko i w zasadniczy sposób zależy od krytycznej liczby *Reynoldsa* (przepływu). Całkowicie rozwiniętą detonację uzyskuje się zwykle w rurach gładkich po przejściu płomienia na odległość 20—40 średnic, a w rurach chropowatych — już w odległości 2—4 średnic od miejsca zapłonu.

przekaźnik ognia, urządzenie służące do przekazywania płomienia na niewielką odległość (do kilkudziesięciu cm). W najprostszej postaci wykonany jest ze sprasowanej kostki prochowej, która spala się prawie natychmiast wyrzucając długi ogień. Bardziej złożone konstrukcje składają się z korpusu z dyszą, kostki prochowej i ścieżki opóźniającej.

przelot, wybuch (upadek) pocisku za celem (mierząc od broni).

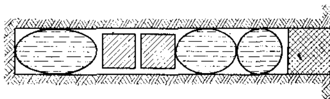
przemiana wybuchowa, reakcja wybuchowa, bardzo szybka reakcja chemiczna zachodząca w mat. wybuch., której towarzyszy wydzielanie znacznej ilości ciepła (3762—7524 kJ/kg; 900—1800 kcal/kg) i produktów gazowych (do 900 l/kg). Praktyczne znaczenie

ma p.w. inicjowana bodźcem zewnętrznym w jednym miejscu mat. wybuch. i przebiegająca samorzutnie wzdłuż ładunku w formie wąskiej strefy intensywnej reakcji. W zależności od mechanizmu przenoszenia reakcji chemicznej w mat. wybuch. p.w. może mieć charakter spalania wybuchowego, czyli deflagracji, wybuchu (eksplozji) i detonacji. Spalanie wybuchowe polega na przekazywaniu energii cieplnej od strefy reakcji do warstwy nie objętej reakcją na drodze przewodnictwa i promieniowania i przebiega z prędkościami rzędu od kilku mm/s do kilkuset m/s, przy czym prędkość procesu zależy od ciśnienia. W detonacji przenoszenie reakcji odbywa się przez falę uderzeniową, dzięki sprężaniu i ogrzewaniu kolejnych warstw mat. wybuch., zaś prędkość detonacji ma wartość stałą, przewyższającą prędkość dźwięku w materiale wyjściowym i będącą wielkością charakterystyczną dla danego mat. wybuch. Wybuch (eksplozja) jako proces o nie ustalonej prędkości stanowi formę przejściową między spalaniem a detonacją. Pod względem chemicznym p.w. ma charakter reakcji utleniania, rzadziej rozpadu związku o endotermicznym cieple tworzenia.

przenoszenie detonacji, zjawisko pobudzania detonacji jednego ładunku (biernego) przez detonację drugiego ładunku (czynnego, aktywnego), znajdującego się w pewnej odległości od pierwszego. Jest to zjawisko pozytywne, gdy chodzi o detonację wielu ładunków przez pojedynczy środek pobudzenia, lub negatywne, gdy niezamierzona detonacja jednego ładunku przenosi się na inne, znajdujące się w pobliżu.

przybitka, część naboju myśliwskiego (zwłaszcza śrutowego) oddzielająca ładunek miotający (proch) od pocisku (ładunek śrutu). Służy do uszczelniania przewodu lufy, zapobiegając przedostawaniu się gazów prochowych do przodu podczas strzału. Zwykle wykonana jest w postaci grubego krążka filcowego. W niektórych nowszych nabojach myśliwskich stosuje się p. z tworzyw sztucznych.

przybitka strzałowa, element służący do szczelnego zamknięcia otworu strzałowego i uniemożliwienia przedwczesnego wydostania się z otworu produktów detonacji. Przy poprawnie założonej p.s. produkty detonacji pozostają w otworze tak długo, dopóki nie wytworzą się szczeliny w skale, w której wykonano otwór strzałowy. Niedbałe założenie lub za mała długość p.s. mogą spowodować przedwczesne wyrzucenie jej, a w konsekwencji znaczne osłabienie efektu strzału. Najczęściej stosuje się p.s. z gliny o konsystencji gęstoplastycznej. P.s. można wykonać z wilgotnego piasku, który ładuje się w otoczkach papierowych lub plastykowych, po czym rozgniata w otworze tak, aby piasek wypełnił cały jego przekrój. Wpływ rodzaju p.s. ilustrują wartości wydęcia w bloku ołowianym (głębokość otworu strzałowego — 312 mm), uzyskane przy zastosowaniu amonitu skalnego: dla p.s. z gliny — 528 ml, z pyłu kamiennego — 341 ml, z piasku — 405 ml. Z badań dla potrzeb górnictwa wynika, że długość p.s. nie może być mniejsza niż 35 cm. W otworach



Otwór strzałowy z założoną przybitką strzałową

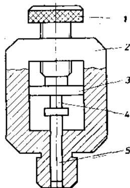
głębszych od 1,5 m powinna mieć długość co najmniej 75 cm. Stosuje się także p.s. wodną w postaci plastykowych węży, wsuwanych do otworu po napełnieniu ich wodą. Lepszym rozwiązaniem jest wprowadzenie pojemnika do otworu strzałowego i następnie napełnianie go wodą przez specjalny zawór. W tym przypadku woda lepiej wypełnia otwór. Stosując p.s. wodną wskazane jest, aby ostatni jej odcinek wykonany był z gliny w celu zabezpieczenia przed wylaniem się wody z otworu w przypadku ewentualnej awarii pojemnika (patrz rys.).

Przybylik Róża, ur. 1931 r., specjalistka w dziedzinie technologii środków leczniczych oraz chemii i technologii mat. wybuch. Autorka 15 publikacji naukowych, 14 patentów, 3 wniosków racjonalizatorskich, 15 opracowań naukowo-badawczych i 17 nowych technologii i asortymentów środków strzałowych.

przyćmiewacz, *sól przeciwbłyskowa* umieszczana w płaskim woreczku włożonym do łuski z ładunkiem miotającym w celu uniknięcia powstawania błysku podczas strzelania w nocy. W czasie strzelania w dzień nie stosuje się p., ponieważ wytwarzają one gęsty obłok dymu demaskujący stanowisko ogniowe.

przyrząd zapalający bomby głębinowej, urządzenie powodujące wybuch bomby głębinowej na określonej głębokości lub przy uderzeniu jej o kadłub okrętu podwodnego. Składa się z mechanizmu opóźnienia wybuchu, spłonki detonującej i detonatora. Początkowo stosowano przyrządy powodujące wybuch bomby na nastawionej głębokości. Mechanizm opóźnienia wybuchu w postaci hydrostatu sprężynowego, pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego otaczającej wody, powodował w określonym momencie nakłucie i zapłon spłonki detonującej. W nowszych przyrządach zapalających głębokość wybuchu bomby głębinowej regulowana jest doborem długości, a tym samym czasu palenia się ścieżki prochowej. Obecnie stosuje się uniwersalne przyrządy zapalające z mechanizmem inercyjnym, które wywołują wybuch bomby na określonej głębokości lub podczas uderzenia jej o kadłub okrętu podwodnego.

przyrząd zgniotkowy, przyrząd do pomiaru maksymalnego ciśnienia gazów w przewodzie lufy, bombie manometrycznej lub komorze spalania silnika rakietowego metodą zgniotkową. Składa się z korpusu stalowego, śruby dociskowej i tłoczka. Korpus p.z. wkręcany jest w gniazdo wykonane w ściance komory spalania. Gazy prochowe działające na powierzchnię końca tłoczka przekazują nacisk na zgniotek podparty śrubą dociskową, powodując jego odkształcenie. Trwałe odkształcenie zgniotka, pozostałe po próbie, jest miarą ciśnienia. P.z. stosuje się powszechnie m.in. w badaniach prochów i badaniach kontrolnych amunicji. Są też p.z. wkładane do łuski naboju, działające podobnie jak p.z. wkręcane.



Budowa przyrządu zgniotkowego:
1 — śruba dociskowa, 2 — korpus, 3 — kowadełko, 4 — zgniotek, 5 — tłoczek

Ptasiński Leszek, ur. 1939 r., doktorat na temat oceny zdolności elektryzowania się materiałów dielektrycznych stałych (1976). Specjalista w dziedzinie identyfikacji zagrożeń wybuchowych wywołanych elektrycznoś-

cią statyczną. Autor 21 publikacji, 1 patentu.

PTX-1, mieszanina 30% heksogenu, 50% tetrylu i 20% trotylu.

PTX-2, mat. wybuch. o składzie: 27% ten, 43% heksogenu, 30% TNT oraz prędkości detonacji 8060 m/s przy gęstości 1,70 g/cm^3.

punkt strzałowy, punkt, w którym umieszcza się ładunek mat. wybuch. w celu odpalenia go.

punkt wybuchu, punkt na torze lotu, w którym następuje wybuch pocisku.

punkt zerowy wybuchu jądrowego, punkt na powierzchni ziemi (wody) będący prostopadłym rzutem na tę powierzchnię punktu wybuchu. Od niego określany jest między innymi zasięg działania rażącego poszczególnych czynników wybuchu jądrowego.

PVN, $C_2H_3NO_3$, mat. wybuch. o prędkości detonacji około 7000 m/s przy gęstości 1,5 g/cm^3, cieple wybuchu 1092 kcal/kg, energii właściwej 1271 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 1009 l/kg.

pyronite, patrz tetryl.

pyropowder, angielski proch nitrocelulozowy.

R

raca: 1) pocisk pirotechniczny przeznaczony do nadawania sygnałów za pomocą barwnych płomieni lub dymów według umownego klucza (r. sygnałowa), oświetlenia terenu, np. pola walki, lotnisk itp. (r. świetlna), sygnalizowania zagrożenia, np. przez tonących rozbitków (r. ratownicza); 2) dawna nazwa małych pocisków rakietowych.

Raczyńskiego urządzenie, urządzenie do wytwarzania nitrogliceryny, skonstruowane przez S. Raczyńskiego w 1935 r. Różni się ono od innych bezciśnieniowymi zbiornikami zasilającymi dla mieszanki kwasów do nitrowania gliceryny, rozwiązaniem automatycznego dozowania składników procesu nitrowania oraz charakterem konstrukcji odstojnika — separatora, który jest tu urządzeniem w kształcie otwartego naczynia.

Raczyński Stefan, 1891—1979, absolwent Wydziału Chemii Warszawskiego Instytuta im. Imperatora Nikołaja II (1915). W latach 1915—21 pracował w Zakładach Chemicznych Materiałów Wybuchowych Towarzystwa Francusko-Rosyjskiego w Sterówce (Donbas) na stanowisku kierownika wydziałów produkcyjnych: nitrogliceryny, dynamitów, dwunitronaftalenu, trotylu, trójnitroksylenu. W 1921 r. repatriował do Polski. W latach 1926—37 pracował w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* na stanowiskach kierownika Fabryki Nitrogliceryny i Materiałów Kruszących i głównego chemika wytwórni. Projektował tam, nadzorował budowę i uruchomił wydziały: nitrozwiązków organicznych, materiałów kruszących, prochów nitroglicerynowych oraz termitów do spawania szyn. W latach 1937—39, będąc dyrektorem nowo budowanej przez *Zakł. Przemysłu Chemicznego „Boruta"* na zlecenie *PWP w Pionkach Wytwórni Nitrozwiązków w Szarzynie* projektował i kierował jej budową. Od 1948 r. wykładowca na Wydz. Chemii Politechniki Warszawskiej,



Raczyński Stefan

od 1951 r. docent. Był autorem wielu oryginalnych rozwiązań technologicznych i aparatury: nitrowania gliceryny oraz wytwarzania nitrogliceryny i dynamitów, urządzenia do wytwarzania ciasta prochowego do prochów nitroglicerynowych; urządzenia do wytwarzania górniczych mat. wybuch., do nitrowania węglo-

wodorów aromatycznych, wyrabiania *balistytów, termitów i innych*. Prowadził także pionierskie prace w zakresie użycia mat. wybuch. do *torpedowania studni głębinowych oraz* regulacji rzek i melioracji terenów bagnistych. Autor książki *Nitrogliceryna*.

radiozapalnik, miniaturowe urządzenie radioelektroniczne w głowicy przeciwlotniczego pocisku artyleryjskiego lub rakietowego. W skład r. wchodzi miniaturowy nadajnik emitujący za pomocą anteny (stanowiącej element konstrukcyjny głowicy pocisku) drgania wielkiej częstotliwości o niewielkiej mocy i miniaturowy odbiornik radiowy, którego wyjście połączone jest z obwodem elektrycznym detonatora pocisku. Całe elektroniczne urządzenie r. stanowi w istocie miniaturową *stację radiolokacyjną*. Działanie r. polega na tym, że pocisk artyleryjski lub rakietowy, wyposażony w radiozapalnik, rozrywa się nawet wówczas, gdy nie trafi bezpośrednio w ostrzeliwany obiekt. Wystarczy, aby pocisk przeleciał obok takiego obiektu. Wysyłane przez antenę nadawczą radiozapalnika drgania wielkiej częstotliwości odbijają się od obiektu i w postaci tzw. sygnału odbitego odbierane są przez antenę i wzmacniacze w odbiorniku. Sygnał podany do obwodu detonatora powoduje wybuch głowicy pocisku, której odłamki rażą obiekt. R. zastosowano w czasie II *wojny świat.; użyto* ich po raz *pierwszy* w pociskach artyleryjskich angielskiej obrony przeciwlotniczej, zwalczającej *niemieckie samoloty-pociski V-1* i pociski rakietowe *V-2*.

rakieta prochowa, pierwotna nazwa rakiety (pocisku rakietowego) z silnikiem na paliwo stałe, które w pierwszych rozwiązaniach przeważnie było prochem. W związku z tym, że nie wszystkie używane obecnie stałe paliwa rakietowe są prochami, nazwa ta jako nieprecyzyjna wychodzi z użycia.

rakietowy silnik prochowy, niezbyt precyzyjna nazwa silnika rakietowego *na paliwo stałe (patrz* **rakieta prochowa**).

RDX, patrz heksogen.

reakcja wybuchowa, *inaczej przemiana* wybuchowa.

red cross „Extra", handlowa nazwa amerykańskiego półżelatynowego mat. wybuch.

reolit A-I, szwedzki przemysłowy mat. wybuch. o składzie: 23% trotylu, 28% saletry amonowej, 25% $NaNO_3$, 7,5% aluminium, 15% wody, 1,5% stałego materiału pędnego, detonujący z prędkością 4900 m/s przy gęstości 1,60 g/cm³.

reolit B, szwedzki wodoodporny mat. wybuch. nie zawierający nitrogliceryny, detonujący z prędkością 5000 m/s przy gęstości 1,5 g/cm³.

reolit R, *szwedzki przemysłowy* mat. wybuch. o składzie: 25% trotylu, 35% saletry amonowej, 25% $NaNO_3$, 14% wody, 1% stałego materiału pędnego, detonujący z prędkością 5000 m/s przy gęstości 1,55 g/cm³, o cieple wybuchu 3560 kJ/kg oraz objętości gazów wybuchowych 760 l/kg.

reomex A, szwedzki plastyczny mat. wybuch. nie zawierający nitrogliceryny, detonujący z prędkością 4000 m/s przy gęstości 1,2 g/cm³, nabojowany w plastykowych otoczkach o średnicy 25—40 mm.

roboty strzałowe, inaczej prace strzałowe.

roburit I, *handlowa nazwa niemieckiego* mat. wybuch. o składzie: 87,5% nitrogliceryny, 7% dwunitro*toluenu*, 0,5% $KMnO_4$, 5% $(NH_4)_2SO_4$ o temperaturze wybuchu 1616°C.

romperit, niemiecki mat. wybuch. o prędkości detonacji 4900 m/s stosowany w przemyśle.

Ropuszyński Stanisław, ur. 1920 r., doktorat na temat stabilizacji estrów kwasu azotowego i alkoholi wielowodorotlenowych (1957), praca habilitacyjna na temat stabilizacji nitrogliceryny w polu magnetycznym (1961), prof. nadzwycz. Politechniki Wrocławskiej od 1970 r., w której pracuje od *1948 r. Specjalista w dziedzinie* chemii i technologii podstawowej syntezy organicznej. Autor 68 *opublikowanych prac naukowych* oraz 36 niepublikowanych (dla przemysłu),

13 patentów oraz książki *Preparautyka i analiza materiałów wybuchowych*.

Rozbark, dawniej Heinitz, kopalnia węgla, w której miał miejsce największy na ziemiach polskich wybuch pyłu węglowego (1923). Zginęło 145 górników.

rozkład stałych materiałów wybuchowych, proces mogący przebiegać z różną szybkością. W wielu przypadkach samoprzyspieszenie r.s. mat. wybuch. zachodzi zgodnie z prawami reakcji łańcuchowych ze zdegenerowanymi rozgałęzieniami. Według Nikołaja Siemionowa przebiega to następująco: początkowe ogniska (centra) rozkładu powstają zwykle na powierzchni kryształu, rzadziej w objętości. Ognisko początkowe po przereagowaniu wytwarza stosunkowo trwały produkt pośredni. Energia wydzielana przy przekształceniu produktu pośredniego w końcowy aktywizuje sąsiednią cząsteczkę nieprzereagowanej substancji, powodując przejście jej w produkt pośredni. Po pewnym czasie cząsteczka ta (produktu pośredniego) przekształca się w produkt końcowy, aktywizując następną cząsteczkę sąsiednią itd. W ten sposób z jednego ogniska zaczyna rosnąć w głąb kryształu nić reakcji. Niekiedy produkt pośredni powoduje rozkład dwu sąsiednich cząsteczek i wtedy z podstawowej nici zaczyna wyrastać nić boczna — następuje rozgałęzienie łańcucha. Zatem reakcja rozwija się jak drzewo nieregularne, którego gałęzie wrastają w głąb kryształu. W miarę rozwijania się tego procesu przestrzeń wewnątrz kryształu zajęta przez nici końcowego produktu reakcji staje się większa, zaś warstewki nieprzereagowanej substancji coraz mniejsze. Przestrzeń, w której rozwijają się łańcuchy stale się zmniejsza. Jeśli produkt końcowy przerywa łańcuchy, to ich rozgałęzienia zmniejszają się i wreszcie więcej łańcuchów przerywa się niż rozgałęzia, a szybkość reakcji po gładkim przejściu przez maksimum zaczyna maleć. Według E. G. Prouta i F. C. Tomkinsa początkowo na skutek reakcji tworzy się nagromadzenie cząsteczek produktów na powierzchni kryształu, które wywołują boczne naprężenie powodujące powstanie szczeliny. W pobliżu szczeliny reakcja przebiega łatwiej i przenika do wewnątrz wzdłuż jej ścianek. Z kolei nagromadzone cząsteczki produktu na ściankach szczelin powodują wytworzenie się szczelin o kierunku normalnym do powierzchni ścianek pierwotnej szczeliny itd. W miarę rozwoju procesu rozgałęzienia szczeliny stają się powolniejsze, gdyż coraz częściej napotykają powierzchnie, gdzie substancja już przereagowała, wskutek czego szybkość reakcji po przejściu przez maksimum zaczyna maleć. W większości przypadków reakcję można podzielić na trzy etapy: reakcję początkową zachodzącą na powierzchni kryształu z wydzielaniem gazów, utworzenie zalążków nowej fazy i reakcję przebiegającą na powierzchni podziału faz. Reakcja powierzchniowa może przebiegać w różny sposób — może ograniczać się do warstwy powierzchniowej lub rozprzestrzeniać się dyfuzyjnie w głąb kryształu. Jej energia aktywacji jest zwykle większa niż energia aktywacji następnej reakcji wzrostu zalążków (np. dla azydku baru wartość E wynosi odpowiednio 3 i 25 kcal/mol).

rozkład termiczny, chemiczna reakcja zachodząca w całej objętości materiału z prędkością zależną od temperatury otoczenia. W normalnej temperaturze prędkość rozkładu jest mała i wytwarzające się ciepło zdąży rozprzestrzenić się w otaczającym ośrodku. Przy wzroście temperatury wzrasta prędkość reakcji i ilość wydzielanego ciepła, przy czym może nastąpić moment, gdy ciepło nie zdąży rozproszyć się w otoczeniu. Wówczas następuje samoprzyspieszenie reakcji prowadzące do zapłonienia.

rozpalanie się prochu, proces rozprzestrzeniania się płomienia po powierzchni ziarna prochowego we wszystkich kierunkach od miejsca zainicjowania zapłonu. Zapłon można zainicjować nagrzaniem (miejscowym) przypowierzchniowej warstwy prochu

do tzw. temperatury zapłonu (kilkaset °C).

rozminowywanie, usunięcie zapór minowych, min i środków wybuchowych. Sposób r. jest podobny do sposobu wykonywania przejść w zaporach minowych. W czasie działań bojowych r. objęte są tylko niezbędne obszary terenu, sieć komunikacyjna i rejony zajęte bezpośrednio przez wojska, w dalszej kolejności obiekty użyteczności publicznej. Rejony r. przez wojska inżynieryjne przekazuje się protokolarnie organom cywilnej władzy terenowej.

rozpuszczalnik nitrocelulozowy, żelatynizator, substancja organiczna niewybuchowa i wybuchowa stosowana do żelatynizacji nitrocelulozy, czyli do przekształcenia jej struktury w jednolitą masę koloidalną, spalającą się regularnymi warstwami bez przechodzenia w detonację. R.n. dzieli się na lotne (mieszanina alkoholu i eteru, aceton), trudno lotne (nitrogliceryna, dwunitrodwuglikol, ftalen dwubutylu) i stałe (centralit, dwunitrotoluen, kamfora).

rożek do prochu: 1) rodzaj prochownicy *wykonanej z rogu zwierzęcego;* 2) w XIX w. metalowa prochownica wygięta w kształcie rogu.

röhrenpulver, nazwa niemieckiego artyleryjskiego prochu nitrocelulozowego, wytwarzanego w postaci rurek.

równoważnik trotylowy wybuchu jądrowego, masa trójnitrotoluenu (trotylu), przy wybuchu której wydziela się taka sama ilość energii, jak przy wybuchu danego ładunku jądrowego. Wyrażany jest w tonach (t), kilotonach (1 kt = 10^3 t) lub megatonach (1 Mt = 10^3 kt). Jest on miarą ilości energii wydzielającej się w czasie wybuchu i jednocześnie podstawowym parametrem broni jądrowej. Powszechnie nazywany jest mocą wybuchu.

rtęć piorunująca, mieszanina wybuchowa o cieple tworzenia 1 cząsteczki 63 cal, prędkości detonacji 3900 m/s, temperaturze wybuchu 3530°C, otrzymana po raz pierwszy przez Hovarda w 1799 r. Powstaje przez zmieszanie alkoholu etylowego z roztworem rtęci w kwasie azotowym. Reakcja ma przebieg gwałtowny, płyn rozgrzewa się do wrzenia.

RX-04-AU, mat. wybuch. *o składzie* chemicznym: 92% oktogenu, 8% polietylenu, detonujący z prędkością 8630 m/s przy gęstości 1,92 g/cm³.

RX-04-DS, mat. wybuch. o składzie chemicznym: 80% oktogenu, 10% aluminium i 10% Vitonu, detonujący z prędkością 8520 m/s przy gęstości 1,92 g/cm³.

RX-23-AA, mat. wybuch. o prędkości detonacji 8580 m/s przy gęstości 1,42 g/cm³, ciśnieniu na froncie fali detonacyjnej 280 kbar.

RX-23-AB, mat. wybuch. o prędkości detonacji 7480 m/s przy gęstości 1,38 g/cm³, ciśnieniu na froncie fali detonacyjnej 190 kbar.

RX-23-AC, mat. wybuch. o prędkości detonacji 7870 m/s przy gęstości 1,13 g/cm³, ciśnieniu na froncie fali detonacyjnej 175 kbar.

rykoszet, odbicie się odłamka (pocisku) od powierzchni uderzanej przeszkody (ziemia, mur, skała, pancerz itp.). Występuje przy uderzeniu pod małym kątem.

RZ-04-P1, amerykańska mieszanina 80% oktogenu i 20% Vitonu.

S

saletra amonowa, NH_4NO_3, azotan amonu, związek chemiczny, którego zawartość w aktualnie stosowanych amonowo-saletrzanych mat. wybuch. waha się w granicach od 55 do 95%. Posiada bardzo cenne własności. Przy rozkładzie wybuchowym daje tylko produkty gazowe. Ponieważ w jej składzie występuje nadmiar tlenu, ma dodatni bilans tlenowy. O szerokim zastosowaniu s.a. w górnictwie zadecydowały głównie niska temperatura rozkładu (ok. 1500°C), dodatni bilans tlenowy, brak składników stałych w produktach rozkładu, bardzo mała wrażliwość. S.a. detonuje bardzo trudno. Reakcja rozkładu może przebiegać w różny sposób. Dzięki niskiej temperaturze detonacji nadaje się do produkcji mat. wybuch. powietrznych. Do ujemnych cech s.a. należy wielka higroskopijność i właściwość twardnienia, która polega na wykrystalizowywaniu saletry z nasyconych roztworów, jakie powstają na powierzchni ziaren saletry pod wpływem wilgoci. Zjawisko to występuje szczególnie w porze letniej. W stanie stwardnienia amonowo-saletrzane mat. wybuch. stają się mało wrażliwe i powodują niewypały. Prawidłowo powinny mieć konsystencję sypką.

saletra indyjska, rodzaj saletry potasowej, pochodzącej z Indii wschodnich, gdzie plemię Soravallah trudniło się wydobywaniem azotanów, powstających przy gniciu organicznych odpadków, zawierających azot. Azot pod wpływem tlenu z powietrza i słońca oraz przy współudziale drobnoustrojów powoli utlenia się i łączy z metalami, tworząc azotany, które następnie wyługowywa się wodą, a roztwór gotuje się z popiołem drzewnym zawierającym potaż. Węglany innych metali osiadają na dnie, w roztworze zaś pozostaje azotan potasu. Po odparowaniu otrzymuje się surową saletrę potasową, która później podlega rafinacji. Ten przestarzały sposób fabrykacji jest nadal stosowany ze względu na wyjątkowo czysty i odpowiedni do fabrykacji prochu produkt ostateczny.

saletra strzelnicza, inaczej saletra wybuchowa.

saletra wybuchowa, saletra strzelnicza, mat. wybuch. o własnościach bardzo zbliżonych do prochu. Jej skład chemiczny różni się tylko tym, że zamiast saletry potasowej zawiera saletrę sodową, która jest tańsza od potasowej, w związku z tym s.w. znalazła szersze zastosowanie. W porównaniu z prochem s.w. jest bardziej higroskopijna, wymaga więc szczelnego opakowania, ponieważ wilgoć może spowodować zniszczenie jej własności strzelniczych. W razie konieczności zniszczenia s.w. należy rozpuścić ją w wodzie. Przeciętny skład s.w.: 76% saletry sodowej ($NaNO_3$), 10% siarki i 14% węgla: prędkość detonacji 300 m/s.

saletrole, mieszaniny saletry amonowej z olejem, a także z dodatkami innych substancji palnych. Najprostsze s. składają się z saletry i kilku procent oleju wrzecionowego lub napędowego. Są mat. wybuch. o małej wrażliwości

i do pobudzenia ich stosuje się mat. wybuch. skalne, najczęściej dynamity skalne, a także lont detonujący. S. wypełnia się zwykle cały przekrój otworu strzałowego, co pozwala zwiększyć efektywność strzału. Przy dłuższych otworach strzałowych stosuje się dodatkowo mat. wybuch. skalne lub pośrednie detonatory. Bardziej wrażliwe s. uzyskuje się przez niewielki dodatek glinu lub trotylu. Prędkość detonacji s. zawierającego 5% oleju wrzecionowego wynosi 3500 m/s, ciśnienie detonacji 44 000 kG/cm², temperatura gazów 2300°C.

samoczynne przyspieszanie reakcji wybuchowej, mogą zaistnieć trzy przypadki s.p.r.w. powodujące: a) wybuch cieplny, gdy przyspieszenie reakcji następuje wskutek samoogrzewania się układu kosztem ciepła wydzielanego podczas reakcji; b) wybuch autokatalityczny, a ściślej autokatalityczno-cieplny, gdy przyspieszenie reakcji jest wynikiem nagromadzenia ostatecznych lub pośrednich produktów reakcji, które katalizują przemianę substancji wyjściowej. Po osiągnięciu przewagi wytwarzanego ciepła nad odprowadzanym następuje przyspieszenie cieplne powodujące wybuch; c) wybuch łańcuchowy, gdy przyspieszenie reakcji następuje w stałej temperaturze, w wyniku przewagi rozgałęzienia nad przerywaniem łańcucha. Podczas przebiegu reakcji łańcuchowych niekiedy oddawanie ciepła może być niedostateczne, aby nastąpiło całkowite odprowadzanie ciepła reakcji. Wtedy do przyspieszenia łańcuchowego dołącza się cieplne i następuje wybuch łańcuchowo-cieplny. Wszystkie trzy omawiane przypadki s.p.r.w. występują i były przebadane w egzotermicznych reakcjach gazowych. W przypadku skondensowanych układów wybuchowych nie budzi wątpliwości występowanie wybuchu autokatalityczno-cieplnego i cieplnego, natomiast brak bezspornych dowodów na występowanie łańcuchowego mechanizmu powolnej przedwybuchowej przemiany chemicznej, czyli na łańcuchowy mechanizm rozpoczynania wybuchu.

samolikwidacja, wybuch pocisku (ładunku) w bezpiecznym miejscu w przypadku niespotkania się z celem.

samozapłon, zapalenie się ładunku miotającego bez zbicia spłonki, spowodowane najczęściej nadmiernym nagrzaniem się lufy (komory nabojowej). Powstawaniu s. zapobiega się przestrzegając norm natężenia ognia, eliminując tym samym niebezpieczeństwo przedwczesnego lub nieprzewidzianego wystrzału.

San Roberto, chemik, który w latach 1862—65 opracował na podstawie własnych doświadczeń z prochem czarnym równanie: $v = k \cdot p^n$, gdzie v — szybkość palenia się prochu, p — ciśnienie otoczenia prochu, k i n — wielkości stałe (dla prochu czarnego $n = 0{,}67$). Późniejsze doświadczenia dotyczące prochu bezdymnego i mieszanin palnych (tzw. mieszanin pirotechnicznych) wykazały, że wykładnik n może wahać się w dość szerokich granicach, przy czym ma wartość tym wyższą, im więcej ciepła wydziela proch w czasie spalania się. Tak więc w przypadku prochu bezdymnego $n \cong 0{,}6$—$1{,}0$, zależnie od zawartości nitrogliceryny i ciepła wybuchu. Mieszaniny pirotechniczne wydzielające w czasie spalania małą ilość ciepła mają wartość wykładnika n niższą, np. $n = 0{,}25$.

sanshokitoruoru, japońska nazwa trotylu.

Sayers, patrz Lundholm.

Schmid Arnold, niemiecki chemik, który na początku 1928 r. wykonał w skali półtechnicznej w fabryce *Société Suisse des Explosives w Gamsen* k. Brig w Szwajcarii pierwsze urządzenie do wytwarzania nitrogliceryny, pracujące metodą ciągłą. Urządzenie to uruchomiono 28 III 1928 r. Pomimo małych wymiarów, już w ciągu pierwszych 20 godz. produkcji urządzenie to pozwoliło wyprodukować około 7000 kg nitrogliceryny; moc produkcyjna wynosiła 350 kg/godz. Pierwsze urządzenie tego systemu w skali technicznej, tzw. system *Schmid-Meissnera* zostało zbudowane i uruchomione w czerwcu 1930 r. w *Zakładach Nitroglicerin-Aktiebolaget* w Gyttorp

w Szwecji. Urządzenie to miało moc produkcyjną 600 kg nitrogliceryny na godz.

Schmidta metoda, patrz metoda Schmidta.

seismo-gelit 2, mat. wybuch. produkowany przez szwedzką firmę *Dynamit Nobel AG* o prędkości detonacji 6100 m/s przy gęstości 1,6 g/cm³, cieple wybuchu 990 kcal/kg, objętości gazów wybuchowych 780 l/kg, energii właściwej 1040 kJ/kg.

sejsmiczne działanie wybuchu, wybuch ładunku mat. wybuch. w ziemi powoduje powstanie drgań gruntu, zwanych drganiami sejsmicznymi. Intensywność ich zależy od odległości od źródła drgań, siły tego źródła, a także własności gruntu. Drgania te wpływają szkodliwie na budynki i budowle inżynierskie, jak również na ociosy wyrobisk i skarpy zwałów.

Semeńczuk Antoni, ur. 1922 r., absolwent Uniwersytetu Jagiellońskiego (1951) oraz Wojskowej Akademii Technicznej ze specjalnością mat. wybuch (1953), doktorat w 1956 r.



Semeńczuk Antoni

Pełnił stanowisko kierownika Zakładu Materiałów Wybuchowych w Wojskowej Akademii Technicznej. Specjalista w dziedzinie preparautyki mat. wybuch., środków zapalających i dymów zasłonowych. Współautor wielu ekspertyz największych katastrof krajowych spowodowanych wybuchami i pożarami. Autor około 30 artykułów, 4 patentów oraz książki *Tajemnice paliw rakietowych*.

sensybilizatory, domieszki twardych substancji, nawet mniej wrażliwych, ale o większej twardości cząstek od danego mat. wybuch. (opiłki metali, szkło drobno tłuczone itp.), powodujące wzrost jego wrażliwości.

shoeiyakn, japońska nazwa pentrytu.

shotoyaku, japońska mieszanina 50% saletry amonowej i 50% trotylu.

siarczek sześcionitrodwufenylowy, silny mat. wybuch.

sieć elektrycznego odpalania, patrz obwody strzałowe.

Siemienowicz Kazimierz, ? — 1651, wybitny inżynier wojskowy, artylerzysta. Autor głośnego dzieła *Artilleriae pars prima* (Wielkiej sztuki artylerii część pierwsza) oraz projektodawca rakiety wielostopniowej i stabilizatora rakiety.

Siemionow Nikołaj, ur. 1896 r., fizykochemik radziecki, który wszechstronnie rozpatrzył chemiczne, fizyczne i mechaniczne aspekty zjawiska wybuchu. Pozwoliło to stworzyć podstawy współczesnej teorii spalania i wybuchu gazów oraz mat. wybuch. S.N. wychodził z założenia, że wszelkie procesy wybuchowe lub spalania to przede wszystkim reakcje chemiczne, dlatego wszystkie postacie zjawiska spalania związane są ściśle z pojęciami i prawami kinetyki reakcji chemicznej, przebiegającej w warunkach nieizotermicznych, tzn. w niejednakowej temperaturze. W 1928 r. opracował ilościową teorię wybuchu cieplnego. Następnie przedstawił matematyczne sformułowanie procesu samozapłonu. Wtedy to ustalono prawidłowości rozprzestrzeniania się płomieni i fali wybuchowej. W 1956 r. otrzymał wspólnie z C. Hinshelwoodem nagrodę Nobla.

Sikorska Alina, ur. 1928 r., specjalistka w dziedzinie własności mat. wybuch. i paliw rakietowych oraz mat. wybuch. stosowanych do celów

przemysłowych. Autorka 27 artykułów opublikowanych, 50 prac niepublikowanych, 7 patentów i 3 zgłoszeń patentowych.

silesia, handlowa nazwa niemieckiego mat. wybuch., będącego mieszaniną chloranową.

siła prochu, charakterystyka balistyczna prochu, będąca miarą pracy, jaką mogłyby wykonać produkty spalania jednostki masy prochu (posiadające temperaturę rozkładu wybuchowego) przy rozprężaniu się w stałym ciśnieniu atmosferycznym, równa iloczynowi stałej gazowej produktów spalania i temperatury spalania prochu w stałej objętości. Dla większości prochów jest ona rzędu 10^6 J/kg. Określa się ją doświadczalnie za pomocą spalania w bombie manometrycznej. Termin siła ma znaczenie tradycyjne.

skałka, kawałek krzemienia w ołowianej oprawie osadzony w szczękach kurka broni skałkowej. S. uderzając o krzesiwo wywoływała iskrę zapalającą proch na panewce; jedna wystarczała do oddania około 30 strzałów.

skład granulometryczny, charakteryzuje ilość ziaren sproszkowanych mat. wybuch. o określonych wymiarach. S.g. określany jest analizą sitową.

Skoczylas Czesław, ur. 1929 r., doktorat na temat balistyki wewnętrznej dział bezodrzutowych (1959). Specjalista w dziedzinie balistyki wewnętrznej i badań silników. Autor ok. 30 opracowań niepublikowanych.

slagbjØnn dynamit, handlowa nazwa norweskiego mat. wybuch.

Słoń Marian, ur. 1909 r., absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością technologia mat. wybuch. Po studiach podjął pracę w Zakładzie Technologii Materiałów Wybuchowych Politechniki Warszawskiej, gdzie pracował do II wojny świat. W latach 1935—36 wraz z prof. T. Urbańskim zajmował się nitrowaniem parafin (alkanów) w fazie gazowej dwutlenkiem azotu w temperaturze 200—250°C. Była to pierwsza, o ogromnym znaczeniu, praca na świecie, zaprezentowana w 1936 r. na posiedzeniu Francuskiej Akademii Nauk, dając początek nowej gałęzi chemii nitrozwiązków parafinowych i ich pochodnych. Jednocześnie podjął pracę w Instytucie Technicznym Uzbrojenia w Rembertowie, gdzie prowadził badania nad otrzymywaniem tanich zastępczych mat. wybuch. do ładowania pocisków artyleryjskich, w celu wyeliminowania deficytowego trotylu. W czasie II wojny świat. wytwarzał inicjujące mat. wybuch. (piorunian rtęci) dla potrzeb partyzantki. Po wojnie był pierwszym prezydentem Kielc (1945—46), kolejno dyrektorem wielu firm krajowych. W 1972 r. obronił pracę doktorską na temat technologii syntezy 3,4-epoksybutenu-1. Włożył duży wysiłek w pracę nad otrzymywaniem „dianu" (bisfenol) dla żywic epoksydowych. Autor kilkunastu publikacji, 15 patentów.

Smoleński Dionizy, 1902—1984, absolwent Wydziału Chemii Politechniki Warszawskiej (1926). W latach 1929—39 pracował w wojskowych instytutach badawczych — początkowo w Centralnej Szkole Strzelniczej w Toruniu, następnie w Instytucie Technicznym Uzbrojenia. W 1932 r. został starszym asystentem na Politechnice Warszawskiej. W czasie II wojny świat. pracował w konspiracji wykorzystując swoją wiedzę z zakresu mat. wybuch. Od maja 1945 r. organizował Politechnikę Wrocławską, będąc w niej od 1947 r. adiunktem, w latach 1947—49 zastępcą profesora, 1949—56 prof. nadzwyczajnym, 1956—60 prof. zwyczajnym. W latach 1947—60 był kierownikiem Katedry Technologii Związków Organicznych II, 1949—51 prorektorem Uniwersytetu i Politechniki we Wrocławiu, 1951—60 rektorem Politechniki Wrocławskiej. W latach 1960—63 pełnił funkcję przewodniczącego Komitetu ds. Techniki; prof. Politechniki Warszawskiej; 1963—65 zastępca przewodniczącego Komitetu Nauki i Techniki; 1965—69 rektor Politechniki Warszawskiej. W latach 1957—61 a następnie od 1969 r. był posłem na Sejm PRL. W 1964 r. został członkiem korespondentem PAN,

od 1970 r. członkiem rzeczywistym PAN. W latach 1969—72 pełnił funkcję sekretarza naukowego PAN, 1972—74 wiceprezesa PAN. Posiada doktoraty honorowe Politechniki Wrocławskiej i Politechniki Warszawskiej. Autor 42



Smoleński Dionizy

publikacji naukowych, 84 publikacji z dziedziny organizacji nauki, 1 patent (przed II wojną świat.), 5 książek: *Balistyka wewnętrzna*, *Teoria materiałów wybuchowych*, *Ładunki kumulacyjne w wojsku, przemyśle i górnictwie*, *Spalanie materiałów wybuchowych*, *Detonacja materiałów wybuchowych*. Laureat indywidualnej Nagrody Państwowej II stopnia (1953). Wielokrotnie uhonorowany najwyższymi odznaczeniami państwowymi.

Smoliński Eugeniusz, 1903—1949, absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością mat. wybuch. (1931). Ok. 1933 r. rozpoczął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* w Centralnym Laboratorium, gdzie prowadził badania w *Fabryce Prochów Bezdymnych* (rozdestylowywanie odpadów alkoholowo-eterowych) oraz uruchomił dużą instalację rekuperacji węglem aktywnym. Od 1936 r. był kierownikiem Stacji Doświadczalnej Prochów Bezdymnych, a od 1937 r. Centralnego Laboratorium. W czasie II wojny świat. brał czynny udział w ruchu oporu na stanowisku doradcy „Inspekcji" w Szefostwie Produkcji Komendy Głównej AK.

smugacz, element ułatwiający obserwację rakiety lub pocisku w locie. Składa się z tulejki wypełnionej masą pirotechniczną, dającą po zapaleniu jasno świecący płomień.

Sobrero Ascanio, 1812—1888, Włoch, studiował chemię i medycynę. W 1840 r. uczył się u prof. Pelouze'a w Paryżu, gdzie zajmował się nitrowaniem substancji organicznych i skrobi, cukru oraz innych materiałów. W 1843 r. pracował w laboratorium prof. Liebiga w Giessen (Niemcy). W 1843 r. został prof. chemii przemysłowej w Turynie. Pod koniec 1846 r. przygotował i zbadał po raz pierwszy nitroglicerynę. Zbadał także rozpuszczalność otrzymanego oleju (nitrogliceryny) w eterze i alkoholu etylowym oraz łatwość jego strącania z roztworu alkoholowego przez dodawanie wody. Nitrogliceryna miała *kolor żółty, podobny do barwy* oleju z oliwek. Otrzymany związek chemiczny S.A. nazwał pirogliceryną lub „glicerina fulminante". Początkowo nie orientował się w możliwościach praktycznego wykorzystania swojego odkrycia ani w charakterze zjawiska detonacji. Nie znał też niezawodnego i bezpiecznego sposobu pobudzania detonacji nitrogliceryny. Pierwotna ilość nitrogliceryny wytworzona przez S.A. w 1847 r. wyniosła około 500 g, z czego około 300 g przechowuje się do dziś jako zabytek muzealny w *Zakładach Chemicznych Avigliana* we Włoszech.

Sobala Jerzy, ur. 1932 r., doktorat na temat zagrożenia metanowego pokładu węgla (1965), praca habilitacyjna na temat zakresu stosowania środków strzałowych w górnictwie węgla (1975). Specjalista w dziedzinie bezpieczeństwa robót strzałowych w kopalniach węgla oraz zwalczania zagrożeń metanowo-pylowych. Autor 86 publikacji naukowych, 3 patentów. Współautor książek: *Zwalczanie zagrożenia gazowego w kopalniach węgla* i *Walka z pyłem węglowym w kopalniach węgla kamiennego*. Stały członek Europejskiej

Komisji Standaryzacji Badań Środków Strzałowych EKSTEST (Sztokholm).

sodatel, mieszanina saletry sodowej i trotylu w stosunku 50/50.

sofranex, handlowa nazwa francuskiego żelatynowego mat. wybuch.

sole nitrofenoli, niektóre sole metali ciężkich i trójnitrofenoli (fenole oraz rezorcyna) mają własności pobudzające. Praktyczne znaczenie zyskał przede wszystkim trójnitrorezorcynian (styfninian) ołowiu.

sorbit, alkohol sześciowodorotlenowy (heksyt). Biały, bezwonny krystaliczny proszek o słodkim smaku; temperatura topnienia 110—112°C, po dodaniu 1 cząsteczki wody 55°C, po dodaniu pół cząsteczki wody 75°C; rozpuszczalny w wodzie, gorącym alkoholu; trudno rozpuszczalny w zimnym alkoholu etylowym, alkoholu metylowym, kwasie octowym, fenolu; nierozpuszczalny w większości innych rozpuszczalników organicznych. S. występuje w owocach jarzębiny. Otrzymywany jest przez katalityczne uwodornienie dekstrozy pod zwiększonym ciśnieniem. Stosuje się go jako namiastkę cukru dla diabetyków, do produkcji witaminy C, mat. wybuch., w kosmetyce, przemyśle papierniczym, jako inhibitor krystalizacji cukru, do syntezy żywic, środków powierzchniowo czynnych i lakierów.

sorguyl, patrz czteronitroglycolurile.

spalanie degresywne, spalanie ładunku napędowego (miotającego), podczas którego masa produktów spalania powstających w jednostce czasu maleje w miarę spalania. Głównym czynnikiem określającym degresywność jest kształt ziaren (lasek) palącego się prochu (paliwa), warunkujący zmniejszanie pola palącej się powierzchni w czasie spalania. Większość prostych ziaren prochowych ma kształt degresywny lub słabo degresywny (kula, sześcian, płytka, walec wydrążony itp.). Degresywność spalania ładunków napędowych w silnikach rakietowych na stały materiał pędny powoduje spadek ciśnienia w komorze spalania, a tym samym zmniejszanie się ciągu podczas pracy silnika. W celu usunięcia degresywności, np. ładunków rurowych, inhibituje się ich powierzchnie czołowe.

spalanie erozyjne, spalanie ładunku napędowego (stały rakietowy materiał pędny), w którym prędkość przepływu gazowych produktów spalania wzdłuż palącej się powierzchni oddziałuje na szybkość jego spalania. Z reguły wzrost prędkości przepływu powoduje zwiększenie szybkości spalania. Tłumaczy się to zwiększeniem intensywności wymiany ciepła między produktami spalania i palącą się powierzchnią ładunku. Objawem s.c. w silnikach rakietowych na stały materiał pędny jest tzw. pik erozyjny w postaci znacznego wzrostu ciśnienia w komorze spalania w początkowym okresie pracy silnika. Wpływ s.e. na pracę silnika może być ograniczony przez zmniejszenie wypełnienia komory spalania materiałem pędnym. W 1950 r. J. Corner przedstawił teorię s.e. paliwa opartą na jednostopniowym modelu procesu spalania. Zgodnie z zasadami hydrodynamiki produkty spalania w komorze znajdują się w stanie wysokiej turbulencji. Jednakże w pobliżu powierzchni spalania występuje warstwa laminarna o istotnych własnościach lepkich. Na zewnątrz tej warstwy powstaje warstwa pośrednia, w której, w miarę zwiększania się odległości od powierzchni turbulentność odgrywa coraz większą rolę. Ocenę grubości strefy reakcji płomienia odnosi się do warstwy pośredniej. Tutaj wymiana cieplna, głównie określająca prędkość spalania, następuje w wyniku konwekcji i przewodnictwa cieplnego. Duża prędkość gazu równoległa do powierzchni spalania zwiększa turbulencję w strefie reakcji, podwyższając w ten sposób prędkość wymiany cieplnej i spalania. W przypadku „zimnego" paliwa o grubej strefie reakcji większa część reakcji przebiega w warstwie przejściowej i dlatego efekt erozyjny będzie tu większy niż w przypadku paliwa „gorącego" o cieńszej warstwie reakcji. Uzasadniono to doświadczalnie.

spalanie prochu (deflagracja), rozprzestrzenianie się płomienia w głąb palącego się ziarna prochowego, będące wynikiem silnie egzotermicznego przebiegu złożonych reakcji chemicznych rozkładu wybuchowego. Produktem s.p. są gazy prochowe, których maksymalna temperatura, tzw. temperatura s.p. wynosi kilka tysięcy °C (zwykle 2000—3000). W celu zainicjowania s.p. konieczne jest nagrzanie przypowierzchniowej warstwy ziarna prochowego do tzw. temperatury zapłonu rzędu kilkuset °C. W balistyce wewnętrznej przyjmuje się, że s.p. podlegać może geometrycznemu prawu palenia, tzn. że ziarna prochowe spalają się równoległymi warstwami w głąb na całej powierzchni. Szybkość przemieszczania się płomienia nazywana jest liniową szybkością spalania. Jej wartość zależy od rodzaju (składu chemicznego) i temperatury prochu, a przede wszystkim od ciśnienia gazów prochowych otaczających palącą się powierzchnię. Zależność tę w postaci odpowiedniej funkcji, określanej doświadczalnie, nazwano prawem szybkości spalania. Liniowa szybkość spalania może wynosić od ułamka mm/s (dla małych ciśnień) do kilkudziesięciu m/s (dla dużych).

spalanie progresywne, spalanie ładunku napędowego (miotającego), podczas którego masa produktów spalania powstających w jednostce czasu rośnie w miarę spalania. Głównym czynnikiem określającym progresywność spalania jest kształt ziarna (laski) palącego się prochu (paliwa), warunkujący wzrost pola palącej się powierzchni w czasie spalania. Typowym kształtem progresywnym jest ziarno prochowe z kilkoma podłużnymi *kanałami* lub rura spalana tylko na powierzchni wewnętrznej. S.p. w silnikach rakietowych na stały materiał. *pędny* powoduje wzrost ciśnienia w komorze spalania, a tym samym wzrost ciągu podczas pracy silnika.

spalanie pulsujące, rodzaj spalania ładunku; stałe spalanie mat. wybuch. następuje tylko w przypadku, gdy średnica ładunku, ciśnienie, temperatura, a niekiedy i gęstość prasowania ładunku mają większą wartość od pewnych wartości minimalnych; przy zbyt dużych średnicach, ciśnieniach czy temperaturach, spalanie spowodowane przez zapłon wewnętrzny po pewnym czasie gaśnie. W niektórych układach i warunkach występuje odcinek tych parametrów oddzielający obszar stałego spalania od obszaru zgaśnięcia, w którym spalanie jest możliwe, lecz ma bardziej lub mniej wyraźny charakter pulsujący; spalanie mat. wybuch. rozpoczyna się jako intensywne, po czym jednak następuje spadek intensywności spalania, aż do rzeczywistego lub pozornego zagaśnięcia. Potem następuje znów gwałtowne zwiększenie intensywności spalania, przygaśnięcie, zapłon itd. S.p. występuje w przypadku małej gęstości sproszkowanego tetrylu, prochu nitrogliceryonowego w niskich temperaturach, a także mieszanin, np. azotanów z glinem czy magnezem. Mimo że do tej pory zjawisko to nie było dokładniej badane, ma ono duże znaczenie dla teorii procesów spalania. W przypadku mat. wybuch. charakteryzujących się opóźnionym zapłonem, przy zapalaniu ich poniżej temperatury, przy której występuje stałe spalanie, możliwe są następujące zjawiska: zapalenie zewnętrzne ogrzewa mat. wybuch. na pewną głębokość. Warstwa powierzchniowa, mająca najwyższą temperaturę, zapala się. Ponieważ warstwa przyległa ogrzewa się do temperatury bliskiej temperaturze zapłonu, spala się też bardzo szybko. Po przesunięciu się spalania do zimnej warstwy substancji odprowadzenie ciepła w głąb staje się większe niż doprowadzenie, wobec czego gazyfikacja zostanie przerwana, temperatura powierzchniowej warstwy będzie się obniżać. Jednakże w warstwie gorącej jednocześnie z obniżeniem temperatury przebiegają procesy sprzyjające powstaniu zapłonu, obniżające temperaturę jego powstania. Zależnie od konkretnych warunków przeważający wpływ może wywierać czynnik pierwszy lub drugi. W drugim przypadku znów powstaje

zapłon, spala się ogrzana warstwa, następuje wygaśnięcie, cykl powtarza się i ostatecznie s.p. może dojść do końca ładunku. Im wyższa będzie temperatura początkowa, tym mniej ostro przejawiać się będzie pulsacja. Dlatego możliwe, że liczne przypadki stałego i równomiernego wizualnie spalania w rzeczywistości są s.p., lecz o tak małej amplitudzie i okresie, że pulsacji nie można stwierdzić za pomocą bezpośredniej obserwacji.

spalanie pyłu węglowego, węgiel w postaci pyłu jest najbardziej rozpowszechnionym paliwem energetycznym.[1] Przy analizie spalania pyłu powszechnie przyjmuje się, że cząstki węgla mają postać kulistą. Niezależnie od tego, że początkowy kształt cząstek bardzo odbiega od sferycznego, jest to założenie słuszne. Począwszy od temperatury 700—800 K węgiel nabiera bowiem cech plastycznych, a ponieważ wydzielanie zasadniczej masy części lotnych odbywa się w temperaturach wyższych, cząstki w trakcie wydzielania części lotnych zwiększają swoją objętość i zaokrąglają się. Dalsze wyrównywanie powierzchni następuje w procesie spalania, gdyż wszystkie ostre krawędzie wypalają się szybciej od pozostałych. W normalnych warunkach s.p.w. połączone jest z przepływem cząstek. Względny ruch może być wywołany turbulentnymi pulsacjami prędkości lub opadaniem cząstek. Wówczas, podobnie jak przy spalaniu kropel, możliwe są dwa sposoby spalania: osiowo-symetryczny oraz z dopalaniem w śladzie aerodynamicznym cząstki.[1] W przypadku spalania osiowo-symetrycznego cząstka po zapłonie otoczona jest słabo świecącą, lecz wyraźnie widoczną, warstewką niebieskiego płomienia, który powstaje z dopalania w warstwie bogatej w tlen tlenku węgla, powstającego na powierzchni pozostałości koksowej. Przy większej prędkości opływu w części czołowej cząstki płomień przypowierzchniowy zostaje wygaszony, a powstający w tym obszarze tlenek węgla przenoszony jest do strefy recyrkulacji za cząstką, gdzie spala się w jasno świecącym płomieniu dyfuzyjnym. Część przednia cząstki spala się bardzo szybko, natomiast tylna, pozbawiona dopływu tlenu, pozostaje prawie nienaruszona.

spalanie rezonansowe, jedna z odmian tzw. niestabilnej pracy silnika rakietowego na stały materiał pędny, przejawiającej się zwykle gwałtownym wzrostem ciśnienia w komorze spalania w przypadkowej chwili pracy silnika. Fizyczna strona tego zjawiska nie jest dotychczas dokładnie znana. Istniejące hipotezy interpretują to jako efekt wzrostu szybkości spalania paliwa stałego, wywołany ruchami wibracyjnymi produktów spalania, które w pewnych sprzyjających okolicznościach mogą być wzmacniane w wyniku rezonansu (zgodności drgań z drganiami własnymi ośrodka).

spalanie wibracyjne, spalanie ładunku napędowego w silniku rakietowym na paliwo stałe, charakteryzujące się wzrostem prędkości spalania, który spowodowany jest wzrostem ruchu drgającego (wibracji) ośrodka gazowego, otaczającego palącą się powierzchnię ładunku (paliwa). W szczególnych warunkach s.w. może przekształcić się w spalanie rezonansowe powodujące niestabilną prace silnika.

spalanie wybuchowe, deflagracja, przebiega stosunkowo powoli z szybkością zmienną, od ułamka centymetra do kilku metrów na sekundę. Szybkość spalania zależy od warunków zewnętrznych, rosnąc np. bardzo szybko ze wzrostem ciśnienia. Przy spalaniu na wolnym powietrzu pod ciśnieniem atmosferycznym nie występują efekty dźwiękowe. W przestrzeni zamkniętej proces przebiega bardziej energicznie, charakteryzuje się większym lub mniejszym wzrostem ciśnienia oraz, odnośnie do gazowych produktów spalania, zdolnością wykonania pracy miotającej, np. w broni palnej. S.w. jest charakterystyczną postacią wybuchowej przemiany prochów. Proces spalania przebiega przez mat. wybuch. za pośrednictwem przewodnictwa cieplnego, dyfuzji i promieniowania.

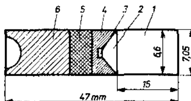
spin detonacyjny, zjawisko fizyczne odkryte w wybuchowych mieszaninach gazowych w 1926 r. przez Campbella i współpracowników, którzy zauważyli falistość linii czoła fali detonacyjnej i układ pasm zwiększonego świecenia („strukturę pasmową”) na fotografiach detonacji. W przypadku stałych mat. wybuch., w tym samym czasie zjawisko to wykrył T. Urbański. Za pomocą prostych i przekonywujących doświadczeń Campbell ze współpracownikami wykazał, że powstanie spinu nie jest związane z jakimkolwiek wpływem zewnętrznym (ruch ścianek rury, ruch słupa ognia itp.), lecz jest właściwe dla zjawiska rozprzestrzeniania się detonacji. Przy detonacji spinowej fotografowane na filmie czoło płomienia nie zapełnia całego przekroju rury, a rozprzestrzenia się wzdłuż niej spiralnie, przy czym płomień ma postać słupka obracającego się wewnątrz rury. Niekiedy, fotografując całą rurę szklaną (pokadrowo) udaje się otrzymać na zdjęciach wyraźnie widoczną spiralę poprzekreślaną przez płomień. Na rejestracjach filmowych, wykonanych przez szczelinę pierścieniową w głowicy rury wybuchowej, płomień zostawia ślad w postaci cykloidy, co także świadczy o rozprzestrzenianiu się czoła spinu po linii spiralnej. Dokładne pomiary Campbella, a potem Bone'a (1936) wykonane ze współpracownikami, wykazały, że skok spirali opisywanej przez czoło spinu zależy praktycznie tylko od średnicy d rury i wynosi w przybliżeniu trzy średnice. Odpowiednio, część spinu (liczba obrotów wykonywanych przez płomień na sekundę) równa $N = \frac{D}{3d}$ jest dla każdej mieszaniny prawie tak samo charakterystyczna, jak prędkość rozprzestrzeniania się detonacji D. Okazało się, że spin może być wieloczłonowy, tzn. kilka źródeł płomienia może rozprzestrzeniać się jednocześnie na kilku drogach spiralnych o równym skoku. Tych źródeł jest tym więcej, im większa jest średnica rury. Pierwsze racjonalne wyjaśnienie mechanizmu spinu podał Szczełkin w 1945 r. Założył on, że s.d. jest związany z załamaniem czoła fali uderzeniowej, a zapłonienie mieszaniny występuje właśnie w tym miejscu załamania, gdzie ciśnienie i temperatura gazu powinny być wyższe niż za płaskim czołem tej fali. Załamanie zaś wskutek współdziałania z postępującym z tyłu płomieniem obraca się po czole fali uderzeniowej wzdłuż krzywizny rury. J. B. Zeldowicz (1946) na podstawie dokładnej analizy zjawisk zachodzących w załamaniu doszedł do wniosku, że zapłonienie gazu następuje w załamaniu fali uderzeniowej.

spłonka, środek inicjujący, służący do zapalenia ładunków prochowych, mas pirotechnicznych lub do zapoczątkowania detonacji mat. wybuch. kruszących. Składa się z miseczki lub osłony metalowej z zaprasowaną masą zapłonową lub inicjującą, przykrytą krążkiem z folii metalowej. Rozróżnia się s. zapalające i detonujące zwane pobudzającymi. Pierwszym etapem na drodze do wynalezienia spłonki było odkrycie przez francuskiego chemika Berthollete'a w 1785 r. soli chloranowych. W kilka lat później Szkot Forsyth zaproponował zastosowanie łatwo wybuchającej od uderzenia pastylki z mieszaniny chloranowej do wywołania detonacji ładunku prochu czarnego przy wystrzale z broni palnej (dotychczas do tego celu stosowano znacznie mniej praktyczne krzesiwo krzemionkowe). W 1815 r. angielski rusznikarz zaprasował taką pastylkę w miseczce metalowej, wytwarzając spłonkę zapalającą do broni palnej. Produkcję spłonek zapalających z zastosowaniem piorunianu rtęci w masie zapalczej rozpoczęto w Rosji w 1843 r. w *Zakładach Ochtenskich* k. Petersburga. W 1865 r. współpracownik prof. N. Zinina Andriejewski zaproponował spłonkę detonującą w postaci łuski metalowej wypełnionej piorunianem rtęci. Była ona niezawodna, powodowała wybuch nitrogliceryny. A. Nobel samodzielnie skonstruował spłonkę detonującą z piorunianem rtęci, zaprasowanym w łusce metalowej i pierwszy

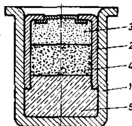
uzyskał patenty: brytyjski i szwedzki w 1867 r. Należy podkreślić jego zasługę w udoskonaleniu konstrukcji spłonki-detonatora oraz spopularyzowania jej zastosowania do robót wybuchowych w górnictwie.

spłonka detonująca, inaczej spłonka pobudzająca.

spłonka pobudzająca: 1) spłonka używana do inicjowania wybuchu ładunku kruszącego w różnych pracach wybuchowych (w minerstwie, górnictwie itp.), wykonywana w postaci tulejki zawierającej niewielką ilość mat. wybuch. inicjującego oraz materiału o zwiększonej mocy wybuchu (kruszącego). Takie s.p. inicjowane są lontem detonującym oraz zapałami elektrycznymi; 2) spłonka zapalnikowa wywołująca wybuch ładunku pobudzającego lub łącznika pobudzającego, znajdującego się w zapalniku. Zależnie od czynnika powodującego pobudzenie można wyodrębnić s.p. działające od bodźca mechanicznego (nakłucia) lub od płomienia (np. spłonki zapalające lub wzmacniacze prochowe). W pierwszym przypadku spłonka ma w górnej części miseczki składnik (lub mieszaninę) wrażliwy na nakłucie, w drugim natomiast na płomień (np. trójnitrorezorcynian ołowiu). W dolnej części osłony s.p. znajduje się zawsze warstwa azydku ołowiu, stanowiąca główny czynnik wywołujący detonację, a pod nią warstwa silnego mat. wybuch. kruszącego (np. tetrylu) w celu wzmocnienia efektu działania spłonki. S.p. stosowane w zapalnikach artyleryjskich muszą mieć dużą od-



Spłonka pobudzająca: 1 — tulejka, 2 — miseczka, 3 — otwór, 4 — trójnitrorezorcynian ołowiu, 5 — azydek ołowiu, 6 — tetryl



Spłonka pobudzająca zapalnikowa: 1 — osłona spłonki, 2 — miseczka, 3 — materiał wrażliwy na nakłucie lub płomień, 4 — azydek ołowiu, 5 — materiał kruszący

porność na wstrząsy podczas strzału. W tym celu są one poddawane bardzo wnikliwym badaniom odbiorczym.

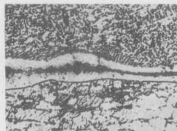
spłonka systemu Barcikowskiego i Kiełczewskiego, opracowana na początku lat trzydziestych XX w., wykonana była z piorunianu rtęci i tetrylu. Ładunek piorunianu rtęci miał kształt wąskiego kanału rozszerzonego u dołu. W kanale piorunian palił się (deflagrował) i w ten sposób w celu przyspieszenia reakcji przemiany wybuchowej zużywano małe ilości materiału inicjującego. Detonował dopiero ładunek piorunianu o średnicy odpowiadającej średnicy spłonki.

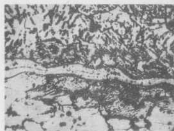
spłonka systemu Gavelot, spłonka zapalająca z integralnym kowadełkiem, stosowana w nabojach myśliwskich i moździerzowych. Składa się z cienkościennej łuski, w której umieszczona jest zwykła spłonka zapalająca, przytrzymywana przez kowadełko, opierające się o pokrywę masy zapłonowej i zaciśnięte brzegi łuski. Otwór łuski zamknięty jest krążkiem z folii lub papieru.

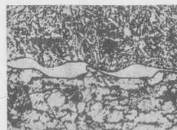
spłonka systemu Nerdenfelda, spłonka zapalająca z integralnym kowadełkiem, stosowana w nabojach do działek małokalibrowych. Składa się z masywnego kołpaczka z kowadełkiem, w którym umieszczona jest zwykła spłonka zapalająca. W dnie kołpaczka są otwory stanowiące kanaliki ogniowe.

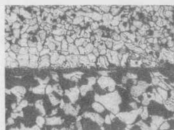
spłonka zapalająca, urządzenie w kształcie miseczki lub tulejki, zawiera-









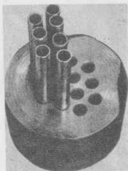


WYBUCHOWE MOCOWANIE RUR W DNACH SITOWYCH

Dno ze stali węglowej platerowane jednostronnie mosiądzem

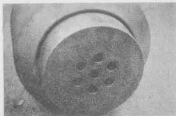




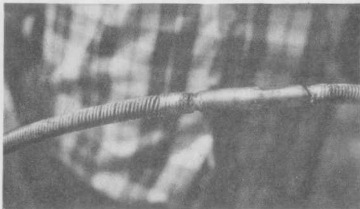


Dno ze stali węglowej dwustronnie platerowane stalą kwasoodporną



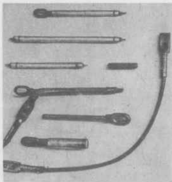


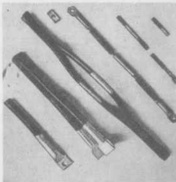
WYBUCHOWE ZGRZEWANIE KABLI

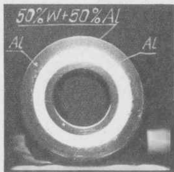


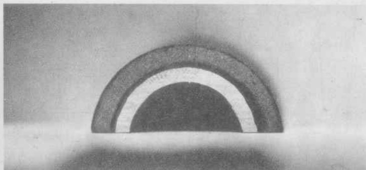
Kabel zgrzany wybuchowo

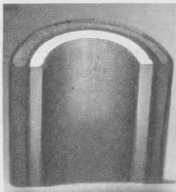
Elementy zgrzane wybuchowo






50%W+50%Al
Al
Al





Przed strzałem

Po strzale

Wycięte wybuchowo otwory okienne



Demontaż kanału sieci ciepłowniczej



Rozkruszanie zmarzliny

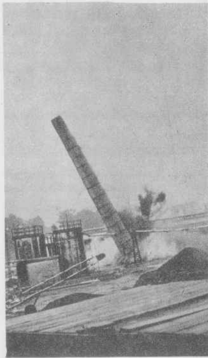












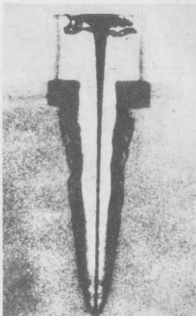
CIĘCIE WYDŁUŻONYMI WYBUCHOWYMI ŁADUNKAMI KUMULACYJNYMI



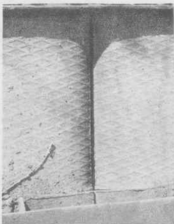




Szczeliny cięcia

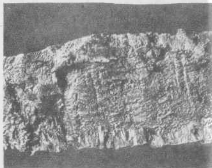


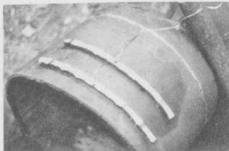
Rentgenowska rejestracja wnikania strumienia kumulacyjnego w przegrodę



Przecięty element

Powierzchnia cięcia (głębokość cięcia 60 mm)








A BENZYNA
WZBRONIONE

Piec obrotowy o długości 95 m i grubości płaszcza 30 i 60 mm



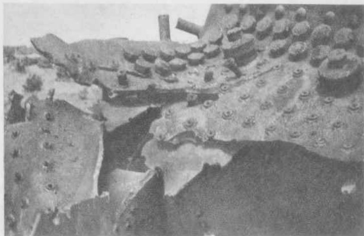


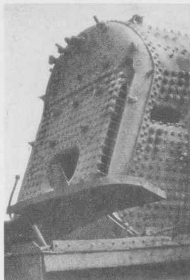




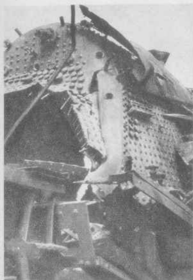
Parowóz przeznaczony do złomowania

Ostoja po wybuchowym fragmentowaniu





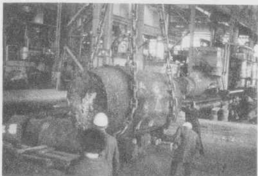
Widok skrzyni ogniowej parowozu po wybuchowym zrzuceniu blach osłonowych i kabiny maszynisty



Widok po wybuchowym wycięciu przedniej ściany i odcięciu skrzyni ogniowej parowozu od ramy nośnej



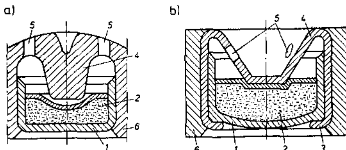
Wypalanie otworów strzałowych



Transport na stanowisko strzałowe



Po strzale



Spłonka zapalająca:
a) do karabinu *Mausera*, b) do naboju artyleryjskiego *Nordenfelda*; 1 — miseczka, 2 — masa zapłonowa, 3 — kapturek, 4 — kowadełko, 5 — otwory zapałowe (kanaliki ogniowe), 6 — dno łuski

jące zaprasowaną masę zapłonową, uczuloną na działanie mechaniczne, cieplne itp. Podczas spalania daje w krótkim czasie silny impuls cieplny w postaci płomienia; służy do zapalania *innych elementów pirotechnicznych*, nabojów, min, pocisków itp., np. spłonek pobudzających, ścieżek i rurek prochowych, opóźniaczy. S.z. stosowane w zapalnikach działają pod wpływem nakłucia grotu iglicy, temperatury (np. *sprężonego powietrza*) i energii elektrycznej. Muszą być odporne na działanie sił bezwładności występujących podczas strzału S.z. stanowią część składową wszystkich naboi, zapalników i zapłonników. Przeznaczone do naboi kal. do 20 mm wprasowane są bezpośrednio w gniazdo łuski, natomiast do naboi większych kal. stanowią element zapłonnika.

spłonki powietrzne, spłonki górnicze zapewniające bezpieczeństwo pracy w obecności metanu i pyłu węglowego, gdyż mają tulejki wykonane z blachy cynkowej.

spłonki skalne, spłonki górnicze. Mają tulejki wykonane z aluminium i dlatego wolno je stosować tam, gdzie nie ma pyłu węglowego i metanu.

spränggummi, handlowa nazwa norweskiego mat. wybuch.

Sprengel, **XIX** w., chemik, który w 1873 r., prawie 100 lat po odkryciu kwasu pikrynowego przez Hausmana, zaproponował zastosowanie mieszaniny kwasów pikrynowego i azotowego jako bardzo silnego mat. wybuch. Mieszanina sporządzana była bezpośrednio przed użyciem ze względu na łatwość pobudzenia jej i siłę wybuchu zbliżoną do wybuchu nitrogliceryny.

sprengmunition 02, patrz trotyl (nazwa niemiecka).

sprengmunition 88, niemiecka nazwa kwasu pikrynowego w (terminologii wojskowej).

stabilit, francuski przemysłowy mat. wybuch. *o składzie: 21% nitrogliceryny*, 0,5% nitrocelulozy, 68% saletry amonowej, 8% nitrozwiązków aromatycznych, 2,5% stałego materiału pędnego, detonujący z prędkością 6300 m/s przy gęstości 1,26 g/cm^3, cieple wybuchu *4300 kJ/kg*, *objętości gazów* wybuchowych 883 l/kg.

stabilizacja materiałów wybuchowych, proces podwyższania trwałości chemicznej i fizycznej mat. wybuch. za pomocą wprowadzania do nich dodatków zwanych stabilizatorami chemicznymi (proch nitroglicerynowy, anilina, uretan, różne sole itp.).

stabilizator prochów bezdymnych, substancja hamująca proces rozkładu mat. wybuch. w czasie jego magazynowania. Podczas rozkładu mat. wybuch. wydzielają się tlenki azotu, które w obecności wilgoci tworzą kwas azotowy i azotawy. Kwasy te, nie związane przez stabilizator, powodują dalszą autokatalityczne przyspieszanie rozkładu mat. wybuch. Procesowi temu

towarzyszy wydzielanie ciepła, które może doprowadzić do samozapalenia mat. wybuch.

stacja minerska, miejsce, w którym odpala się ładunki wybuchowe sposobem elektrycznym; najczęściej okop (lub inne ukrycie), znajdujący się w bezpiecznej odległości od założonych ładunków, do których przeciąga się przewody elektrycznej sieci odpalania.

stanowisko strzałowe, miejsce w którym strzałowy włącza prąd do obwodu strzałowego.

startex A, szwedzki mat. wybuch. nie zawierający nitrogliceryny, detonujący z prędkością 6500 m/s przy gęstości 1,5 g/cm^3.

Statuch Jan, ur. 1932 r., doktorat na temat wybuchowego obciążania proszków (1973). Specjalista w dziedzinie zastosowań mat. wybuch. w technice wojskowej i przemyśle. Autor 15 artykułów, 4 wzorów użytkowych.

stopina, bawełniane nici sklejone w postaci taśmy lub sznurka, spojone roztworem saletry potasowej i pokryte prochem czarnym. S. służy do przekazywania płomienia. Prędkość palenia się jej wynosi 3—5 cm/s; w rurce papierowej spala się o wiele szybciej.

stop L, mieszanina wybuchowa złożona z 95% trotylu i 5% trójniksylenu; topi się w temperaturze 74°C. Ma większą zdolność do detonacji niż trotyl, lecz nieco słabsze od niego własności wybuchowe.

Stowarzyszenie Mechaników Polskich z Ameryki, Sp. Akc., spółka akcyjna w okresie międzywojennym współpracująca z zakładami wojskowymi w zakresie budowy urządzeń do produkcji broni i amunicji.

Street, chemik, który w 1898 r. zmieszał sproszkowany chloran potasu z nitronaftalenem lub nitrotoluenem i olejem rycynowym. Kryształki chloranu potasu powlekając się warstwą tłuszczu dawały plastyczną masę, mało wrażliwą na wszelkie bodźce mechaniczne. Tego rodzaju mieszaniny chloranowe fabrykowane były na początku XX w. we Francji na dużą skalę. Noszą one nazwę „cheddytów" od nazwy miejscowości Chedde, gdzie rozpoczęto ich produkcję.

strefa bezpieczeństwa, pas terenu oddalony od punktu zerowego lub środka wybuchu jądrowego na odległość chroniącą wojska przed porażeniem. Odległość ta zależy od energii wybuchu jądrowego, rodzaju wybuchu i sposobu uderzenia jądrowego.

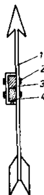
strumień kumulacyjny, strumień cząstek materii. Po wybuchu mat. wybuch. cząsteczki gazu i metalu wkładki kumulacyjnej poruszają się prostopadle do jej powierzchni, tworząc wiele strug. Wzajemne oddziaływanie strug powoduje zmianę kierunku ich ruchu. W pewnej odległości od podstawy ładunku strugi poruszają się równolegle względem siebie. Odległość ta nazywa się ogniskową ładunku kumulacyjnego (x_0), a przekrój poprzeczny s.k. w tym miejscu ma najmniejszą powierzchnię. Występuje tu największa kumulacja energii strumienia. Poza ogniskową s.k. szybko zwiększa pole swojego przekroju poprzecznego, w wyniku promieniowego rozszerzania się sprężonego w nim materiału. Największy zatem efekt kumulacyjny uzyskiwany jest wówczas, gdy przebijany element znajduje się w odległości równej ogniskowej, licząc od podstawy ładunku.

Do wykonywania wkładek kumulacyjnych najlepsze są metale o dużej gęstości i plastyczności w warunkach odkształceń dynamicznych oraz stosunkowo wysokiej temperaturze wrzenia. Metale kruche, takie jak wolfram, tytan i ich stopy, tworzą strumienie składające się z drobnych cząsteczek. Działanie takich strumieni jest słabsze od działania np. strumieni miedzianych.

Struszyński Marceli, 1880—1959, chemik analityk, prof. Politechniki Warszawskiej. W okresie II wojny świat. współpracował z ruchem oporu, przeprowadził analizę paliwa i elementów pocisków V-2 zdobytych przez Polaków. Autor m.in. monografii: *Analiza ilościowa i techniczna, Analiza jakościowa nieorganiczna, Analiza organiczna.* Laureat nagrody państwowej (1951).

strzał, wyrzucenie (miotanie) pocisku z broni palnej (pistoletu, karabinu, działa itp.) oraz z broni lub machiny miotającej (łuku, kuszy, balisty itp.). Jest to proces, któremu towarzyszy przekształcenie energii potencjalnej napiętej cięciwy, sprężyny lub ładunku prochowego w energię kinetyczną układu pocisk—broń—podstawa (ramię strzelającego). S. z broni palnej jest złożonym zespołem procesów bardzo szybko przebiegającej przemiany energii chemicznej prochu najpierw w energię cieplną, a następnie w energię kinetyczną pocisku. Charakteryzuje się wyjątkowo dużą intensywnością; czas s. jest rzędu milisekund, ciśnienie gazów prochowych — kilkuset do kilku tysięcy atmosfer, a ich temperatura około 2000—3000 K; prędkość pocisku osiąga kilkaset lub więcej m/s, zaś przyspieszenie pocisku może kilkadziesiąt razy przekroczyć wartość przyspieszenia ziemskiego. Niekiedy s. nazywa się startem (odpaleniem) pocisku rakietowego.

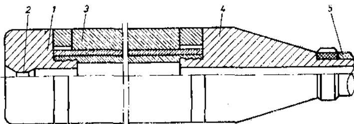
strzała ogniowa, strzała, do której w celu zwiększenia skuteczności działania przywiązywano różne materiały



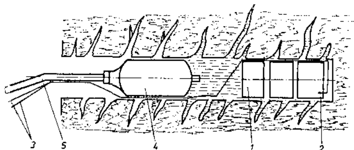
Chińska strzała ogniowa:
1 — strzała, 2 — rurka z drewna bambusowego, 3 — masa zapalająca, 4 — proch czarny

zapalające. Pierwszy udokumentowany przypadek zastosowania „strzał latającego ognia" miał miejsce w 1232 r. podczas oblężenia Pekinu przez Mongołów.

strzelanie pod ciśnieniem wody, metoda strzelania w węglu pod ciśnieniem wody; ma na celu wtłoczenie jej do pokładu, rozluźnienie węgla i urabianie go. Najogólniej polega to na odpaleniu ładunku mat. wybuch. przy utrzymaniu w momencie strzału wymaganego ciśnienia wody w otworze. Wtłaczanie wody do pokładu za pomocą mat. wybuch. stosuje się szczególnie w przypadku pokładów twardych. W tym celu w czole przodka wierci się otwory o głębokości dostosowanej do warunków, np. kilka metrów, w których umieszcza się niewielkie ładunki mat. wybuch. nitroglicerynowych rzędu 100 g i wprowadza przez głowicę, uszczelniającą otwór, wodę pod ciśnieniem np. kilkunastu kg/cm². Można stosować otwory głębsze, jak również wyższe ciśnienia wody. Głowicę uszczelniającą oraz schemat strzelania pod wodą pokazano na rysunku. Woda wypełnia istniejące w węglu szczeliny, które odgrywają tutaj istotną rolę. Detonacja mat. wybuch. powoduje uderzenie wysokiego ciśnienia, które za pośrednictwem wody jako ośrodka bardzo mało ściśliwego przenosi się do szczelin. W rezultacie woda zostaje dokładnie wtłoczona do węgla w zasięgu zależnym od długości szczelin. Zwiększając nieco ładunek mat. wybuch. można osiągnąć rozluźnienie węgla. Dalsze zwiększenie ładunku powoduje już urabianie węgla. Właściwie pomiędzy wtłaczaniem wody pod ciśnieniem oraz rozluźnianiem węgla nie ma wyraźnej granicy. Działanie mat. wybuch. w przypadku s.p.c.w. jest inne niż przy normalnych pracach strzałowych. Ciśnienie po wybuchu spada szybciej, zaś przyspieszenie udzielone urobkowi jest mniejsze niż podczas strzelania normalnego. W wyniku tego urobek jest odrzucany na mniejszą odległość i lepiej nadaje się do mechanicznego ładowania. Efekt strzelania pod ciśnieniem wody rośnie ze wzrostem jej ciśnienia w otworach strzałowych. Najlepsze wyniki uzyskuje się w przypadku prowadzenia tego



Głowica samouszczelniająca do strzelania z wypełnieniem otworów strzałowych wodą pod ciśnieniem:
1 — korpus przedni, 2 — otwór wylotowy Ø = 2 mm, 3 — uszczelniacz gumowy zbrojony oplotem stalowym, 4 — korpus tylny, 5 — wąż wysokociśnieniowy doprowadzający wodę



Schemat strzelania pod ciśnieniem wody:
1 — ładunek mat. wybuch., 2 — zapalnik elektryczny, 3 — przewody zapalnika, 4 — głowica samouszczelniająca, 5 — wąż doprowadzający wodę

rodzaju strzelania w węglach porowatych. Ważną zaletą jest ponadto podniesienie bezpieczeństwa wobec metanu i pyłu węglowego.

strzelba: 1) w dawnej Polsce nazwa wszelkiej broni palnej lub strzelaniny, prowadzonej z broni palnej; 2) od XVIII w. nazwa myśliwskiej broni palnej.

studnia minerska, pionowy wykop umożliwiający wykonanie komory podziemno-minerskiej i założenie w niej ładunku mat. wybuch.

styfninian ołowiu, inaczej trójnitrorezorcynian ołowiu.

substancja palna, jeden z zasadniczych składników prochów pirotechnicznych i innych miotających materiałów rakietowych oraz mas pirotechnicznych; spalając się w obecności tlenu dostarczonego z utleniacza lub z powietrza wydziela duże ilości ciepła i gazu. S.p. w masach pirotechnicznych są metale (aluminium i magnez), w prochach pirotechnicznych niektóre żywice syntetyczne lub naturalne, paki, asfalty, w ciekłych rakietowych materiałach miotających: nafta, anilina, hydrazyna, alkohole, nitrometan itp.

Sucharewski Nikołaj, rosyjski badacz, który w latach 1923—26 prowadząc badania ładunków kumulacyjnych ustalił zależności głębokości przebicia od kształtu wydrążenia dla ładunku bez wkładki kumulacyjnej.

Sudlitz Czesław, ur. 1900 r., absolwent Politechniki Lwowskiej ze specjalnością mat. wybuch. (1925). W 1928 r. podjął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*. Prowadził samodzielnie różnorodne prace badawcze w dziedzinie mat. wybuch. i ich produkcji. Pełnił kolejno funkcje kierownika: Stacji Doświadczalnej Pro-

chów Bezdymnych, produkcji prochów nitroglicerynowych, następnie Centralnego Laboratorium. Był autorem opracowań prochów wojskowych, myśliwskich i sportowych, przebadał instalacje odzyskiwania eteru z powietrza metodą absorpcji kwasem siarkowym oraz schładzania powietrzem. Opracował „przerywacz wybuchu" mieszanin palnych (patent sprzedano do Francji orza w krótkim czasie z powodzeniem zastosowano w belgijskiej firmie Englebort). Uruchomił rekuperację alkoholu i eteru z powietrza za pomocą węgla aktywnego wykorzystując ulepszoną przez siebie aparaturę francuskiej firmy *Acticarbone*. Jest autorem szeregu usprawnień konstrukcyjnych. W czasie II wojny świat. prowadził konspiracyjnie (w latach 1943—44) produkcję mat. wybuch. (nitrozwiązki, solvent nafty i azotanu amonu). Po wojnie kontynuował pracę w swoim zawodzie.

Sulima-Samujłło Julian, ur. 1907 r., absolwent Akademii Górniczej (1939) prof. Akademii Górniczo-Hutniczej od 1967 r. Specjalista w dziedzinie górnictwa odkrywkowego, inżynierii strzelniczej i mat. wybuch. górniczych. Autor ok. 140 publikacji naukowych, 2 patentów, 6 podręczników. Zorganizował laboratorium mat. wybuch. i techniki strzelniczej w Kopalni Doświadczalnej Akademii Górniczo-Hutniczej w Regulicach; uruchomił 16 kamieniołomów kamienia budowlanego i drogowego.

supercord 40, handlowa nazwa lontu detonującego wytwarzanego przez szwedzką firmę *Dynamit Nobel AG*.

supercord 100, handlowa nazwa lontu detonującego, wytwarzanego przez szwedzką firmę *Dynamit Nobel AG*.

supercolax, karbonit angielski o składzie: 24,5—26,5% KNO_3, 4—6% $Ba(NO_3)_2$, 26—28% mączki drzewnej, 6—8% skrobi, 6—8% szczawianu amonu, 2—4% wilgoci.

supramit 1, handlowa nazwa mat. wybuch. produkowanego przez niemiecką firmę *Wasag Chemie Sythen GmbH*, detonującego z prędkością 2700 m/s przy gęstości 1,12 g/cm³, o cieple wybuchu 1250 kcal/kg, objętości gazów wybuchowych 821 l/kg, energii właściwej 1138 kJ/kg.

Syczewski Michał, ur. 1933 r., doktorat na temat ośrodków laserujących (1968), praca habilitacyjna na temat laserów chemicznych i gazodynamicznych (1978). Specjalista w dziedzinie fizykochemii mat. wybuch. i teorii spalania. Prowadził prace w zakresie: mas pirotechnicznych, stałych paliw rakietowych (wraz z doc. K. Lewańską opracował stałe paliwo rakietowe na bazie żywicy poliestrowej i nadchloranu amonu), fizykochemii stanów wzbudzonych (jonów i molekuł), wykorzystania reakcji spalania w laserach chemicznych i gazodynamicznych; wykonał pierwsze w kraju doświadczenie z laserami przy wykorzystaniu paliw stałych, gazowych i mat. wybuch. Prowadził prace mające na celu wyjaśnienie przebiegu reakcji chemicznych w strefie reakcji fali detonacyjnej. Autor ok. 50 publikacji naukowych, 2 patentów, współautor książki *Stałe paliwa rakietowe*.

sypkość materiału wybuchowego, zdolność mat. wybuch. do swobodnego wysypywania się z pojemnika i dobrego wypełniania formy. Sypkość materiałów przemysłowych określa się kątem swobodnego spadku przy swobodnym usypywaniu ich na poziomej powierzchni (mniejszy kąt oznacza lepszą sypkość).

sytamit 1, handlowa nazwa mat. wybuch. produkowanego przez niemiecką firmę *Wasag Chemie Sythen GmbH*, detonującego z prędkością 2800 m/s przy gęstości 1,08 g/cm³, o cieple wybuchu 975 kcal/kg, energii właściwej 1020 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 906 l/kg.

sytex 1, handlowa nazwa mat. wybuch. produkowanego przez niemiecką firmę *Wasag Chemie Sythen GmbH*, detonującego z prędkością 2300 m/s przy gęstości 1,0 g/cm³, o cieple wybuchu 966 kcal/kg, energii właściwej 1030 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 920 l/kg.

szczup saperski, właściwie macka minerska, narzędzie składające się z ostrza zamocowanego w drążku spe-

niającym funkcję rękojeści, stosowane do poszukiwania min przez nakłuwanie gruntu. Rozróżnia się sz.s. krótkie, służące do rozminowywania w postawie leżącej, oraz długie, do rozminowywania pola minowego w postawie stojącej.

szedyt, cheddyt, mat. wybuch. kruszący produkowany w okresie I wojny świat. w Chedde we Francji, używany do napełniania granatów ręcznych i pocisków o małej prędkości początkowej oraz do wyrobu amunicji saperskiej. Należy do grupy tzw. chloranowych mieszanin wybuchowych (chlorany sodu lub potasu).

sześcioazotan mannitu, związek stosowany jako ładunek wtórny w spłonkach detonacyjnych. Substancją wyjściową jest mannit, otrzymywany przez redukcję fruktozy.

sześciometylenoczteroamina, $C_6H_{12}N_4$, heksametylenotetramina, urotropina, zasada heterocykliczna, produkt polikondensacji formaldehydu z amoniakiem. Ma strukturę wielopierścieniową, przy czym grupy metylenowe są powiązane z atomami azotu w ten sposób, że każdy pierścień jest sześcioczłonowy. Substancja krystaliczna, sublimuje, rozpuszczalna w wodzie. Trudno rozpuszczalna w alkoholu, nierozpuszczalna w eterze, higroskopijna. Stosowana jako lek przy zakażeniach dróg moczowych, w przemyśle tworzyw sztucznych do produkcji żywic fenolowo-formaldehydowych oraz w przemyśle mat. wybuch.

sześcionitrobenzen, amerykański mat. wybuch. o symbolu HNB, temperaturze topnienia 258°C, prędkości detonacji 9500 m/s przy gęstości 2,0 g/cm^3.

sześcionitrodwufenyloamina, patrz heksyl.

sześcionitrodwufenylosulfon, silny mat. wybuch.

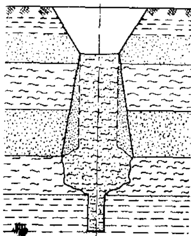
2,2',4,4',6,6'-sześcionitrostilben, HNS, mat. wybuch. o temperaturze topnienia 318°C, prędkości detonacji 7120 m/s przy gęstości 1,74 g/cm^3, ciśnieniu na froncie fali detonacyjnej 215 kbar.

sześcionitrometan, $C(NO_2)_6$, związek otrzymywany z bromopikryny, produkowany w próbnych ilościach w Niemczech w czasie I wojny świat. Miał być zastosowany jako aktywny żelatynizator nitrocelulozy w prochach bezdymnych.

Sziling Paweł L., 1786—1837, rosyjski elektrotechnik i orientalista. Wynalazł w 1812 r. elektryczny sposób pobudzania ładunków mat. wybuch. konstruując minę elektryczną. W 1829 r. opracował metodę litograficznej reprodukcji tekstów chińskich, zaś w 1832 r. zbudował telegraficzny aparat elektromagnetyczny igiełkowy.

szimoza, japońska nazwa kwasu pikrynowego.

szkody w badaniach sejsmicznych, prace strzałowe wykonywane w trakcie badań sejsmicznych mogą naruszać warunki powierzchniowe i hydrogeologiczne terenu, na którym przeprowadza się je, powodując duże szkody. Naruszenie naturalnych warunków powierzchni terenu może mieć formę: kawern i zapadlisk, lejów po strzałowych, uszkodzeń budowli lub innych urządzeń powierzchniowych. W wyniku wybuchu ładunku w otworze strzałowym powstaje wolna przestrzeń zwana kawerną. Po ukończeniu prac strzałowych należy zlikwidować otwór strzałowy, wypełniając całą jego objętość, łącznie z kawernami, urobkiem i ziemią. Mogą jednak zaistnieć przypadki niecałkowitego wypełnienia otworu ziemią. W takich przypadkach możliwe jest obsypywanie się warstw nadkładu i powstanie zapadliska. Mogą one występować nie tylko bezpośrednio po strzale, lecz również po upływie dłuższego czasu, tzn. kilku lub kilkunastu miesięcy po zlikwidowaniu otworu, pod wpływem przepływu wód podziemnych. Powstawanie lejów postrzałowych jest na ogół mniej groźne od zapadlisk postrzałowych. Leje postrzałowe powstają na skutek płytkiego umieszczenia dużych ładunków mat. wybuch. lub umieszczenia ładunków bezpośrednio na powierzchni ziemi. Leje są widoczne bezpośrednio po strzale, a ich likwidacja polega na zasypaniu ziemią. Uszkodzenie budowli lub innych urządzeń powierzchnio-



Schemat powstawania zapadliska postrzałowego

wych może nastąpić w wyniku zdetonowania dużych ładunków mat. wybuch. w pobliżu tych obiektów. Okolicznością sprzyjającą powstawaniu uszkodzeń są dobre własności sprężyste utworów powierzchniowych, umożliwiające przenoszenie energii wybuchu. Jedynym sposobem zapobiegania uszkodzeniom budowli lub innych urządzeń powierzchniowych jest sytuowanie otworów strzałowych w bezpiecznych odległościach. Zależą one od wielkości ładunków i głębokości otworów. Typowym naruszeniem naturalnych warunków hydrogeologicznych jest obniżenie poziomu wód gruntowych lub nawet całkowity ich zanik. Naruszenie naturalnych warunków polega na przebiciu za pomocą otworów lub w wyniku detonacji ładunków mat. wybuch. warstwy nie przepuszczającej i umożliwieniu odpływu wód gruntowych do niżej leżących warstw przepuszczalnych.

Szmajda Jerzy, ur. 1930 r., specjalista w dziedzinie technologii miotających mat. wybuch., autor wielu oryginalnych opracowań w dziedzinie *zastosowań miotających mat. wybuch.* w kopalnictwie naftowym. Autor lub współautor kilku publikacji fachowych oraz ponad 20 patentów.

Szmid Jan, ?—1945, absolwent Politechniki Warszawskiej (1929). Ok. 1930 r. rozpoczął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* na stanowisku kierownika Stacji Badań Nitrocelulozy Lakierowej. Od 1934 r. został drugim zastępcą kierownika Fabryki Bawełny Strzelniczej w *PWP w Pionkach.* Od 1937 r. przeniesiony na budowę nowej fabryki prochu w Krajowicach k. Jasła. W czasie II wojny świat. został zamordowany przez Niemców za pracę w konspiracji.

sznajderyt, dwunitronaftalen, mat. wybuch. kruszący stanowiący mieszaninę azotanu amonu (87,5%) i dwunitronaftalenu (12,5%), o zerowym bilansie tlenowym, powszechnie stosowany podczas I wojny świat. do *napełniania amunicji. Ze* względu na słabą siłę wybuchu (kruszność), w czasie II wojny został zastąpiony mocniejszymi materiałami — amatolami; obecnie *używany w pracach górniczych.*

sznur Bickforda, inaczej lont wolnopalny.

sznur minerski, szablon w postaci odpowiedniego sznura ułatwiającego rozmieszczenie min w polu minowym. Stosowany jest podczas ręcznego minowania; *pozwala rozmieszczać* miny według różnych schematów.

Szönbein Christian, odkrywca bawełny strzelniczej. W marcu 1846 r. na posiedzeniu Towarzystwa Przyrodników Bazylei wygłosił referat na temat otrzymywania jej. Jak głosi legenda, w trakcie pracy w domowym laboratorium rozbił on butelkę z kwasem azotowym i ciecz wytarł bawełnianym ręcznikiem, po czym powiesił go przy piecu w celu wysuszenia. Jakie było jego zdziwienie, gdy po pewnym czasie ręcznik z hałasem rozerwał się. Powtórzył doświadczenie, nasycając bawełnę kwasem azotowym. Otrzymał związek silniejszy pod względem wybuchowym od prochu. Nazwał go bawełną strzelniczą.

Szwer E. N., *radziecki uczony,* który wraz z W. M. **Kuźniecowem**

opracował teorię ukierunkowanego wybuchowego przesuwania mas ziemnych.

szybkość spalania prochu, szybkość rozprzestrzeniania się płomienia w głąb palącego się ziarna prochowego. Zależy od rodzaju prochu i jego temperatury, a przede wszystkim od ciśnienia gazów otaczających palącą się powierzchnię, także od składowej ich prędkości wzdłuż palącej się powierzchni.

szybkość wybuchu, najbardziej charakterystyczny czynnik wybuchu, wyraźnie odróżniający go od normalnych reakcji chemicznych. Przejście mat. wybuch. ze stanu spoczynku do końcowych produktów rozkładu następuje w czasie 10^{-5}—10^{-6} s. Tak duża szybkość reakcji wybuchowej danowi o przewadze mat. wybuch. nad normalnymi paliwami, powoduje bowiem olbrzymią wprost moc wybuchu. Obliczając moc wybuchu wg wzoru $B = \frac{\omega Q I}{\tau}$; gdzie: B — moc wybuchu, ω — ładunek mat. wybuch., Q — ciepło wybuchu, I — mechaniczny równoważnik ciepła (427 kgm/kcal), τ — czas wybuchu ładunku; dla 1 kg mat. wybuch. otrzymuje się moc wyższą od mocy jakiejkolwiek z istniejących maszyn. Procesy przemiany wybuchowej, zależnie od warunków pobudzenia, rodzaju mat. wybuch. i niektórych innych czynników mogą przebiegać z różnymi szybkościami, a także różnić się jakościowo. W związku z tym wszystkie procesy wybuchowe występują w trzech podstawowych postaciach: spalania, wybuchu i detonacji.

Ś

ścieżka pirotechniczna, patrz ścieżka prochowa.

ścieżka prochowa, masa prochu zaprasowana w rurce lub rowkach pierścieni nastawczych czasowych zapalników pirotechnicznych; służy do uzyskiwania wymaganego czasu działania zapalnika, liczonego od momentu strzału do chwili wybuchu pocisku (bomby itp.). Ponadto s.p. stosuje się w urządzeniach samolikwidujących pociski na torze lotu (w przypadku rozminięcia się z celem) oraz w niektórych zapalnikach uderzeniowych w celu uzyskania opóźnienia ich działania. S.p. wykonuje się z prochu czarnego lub mieszanin pirotechnicznych, wydzielających w czasie spalania bardzo małą ilość gazów (ścieżki pirotechniczne).

ślimakowanie (sznekowanie), rodzaj elaboracji pocisków mało- i średniokalibrowych o wybrzuszonym kształcie komory przez bezpośrednie zaprasowanie mat. wybuch. kruszącego za pomocą śruby ślimakowej aparatu ślimakowania. Zaletą ś. jest możliwość pełnej mechanizacji procesu elaboracji, najczęstszą wadą — nierównomierna gęstość ładunku (duża w części środkowej i pod zapalnikiem, mała w części dennej oraz strefie zewnętrznej).

Śliż Jan, ur. 1939 r., absolwent Uniwersytetu Jagiellońskiego (1962), specjalista w dziedzinie wybuchowości pyłów, autor 25 publikacji naukowych, 7 patentów.

Śmiśniewicz Tadeusz, 1893—1943, inż. chemik, kapitan WP. Przed I wojną świat. ukończył studia na Uniwersytecie w Genewie (licencjat nauk matematycznych i fizycznych), następnie Politechnikę Warszawską (1920). W latach 1922—28 pełnił funkcję kierownika Centralnego Laboratorium



Śmiśniewicz Tadeusz

w Centralnej Szkole Artylerii w Toruniu. W 1928 r. rozpoczął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* na stanowisku kierownika Centralnego Laboratorium, którego był twórcą. Ok. 1931 r. został powołany na stanowisko kierownika Fabryki Prochów Bezdymnych w *PWP w Pionkach.* Jako wybitny specjalista reprezentował wytwórnię w kontaktach zagranicznych (liczne wyjazdy do krajów bałkańskich, Francji, Niemiec i innych). W 1936 r. decyzją Departamentu V Uzbrojenia Min. Spraw Wojskowych po-

wierzono mu stanowisko dyrektora technicznego nowo budowanej *Wojskowej Wytwórni Amunicji nr 3* w miejscowości Dęba w Centralnym Okręgu Przemysłowym. Po wybuchu II wojny świat. uczestniczył w ruchu oporu, biorąc udział w produkcji mat. wybuch. i amunicji. 14 IV 1943 r. został aresztowany i 29 IV tegoż roku rozstrzelany na Pawiaku. Posiadał znaczny dorobek w zakresie technologii produkcji mat. wybuch. oraz metod badawczych. Dokonał szeregu ulepszeń i wynalazków. Za pracę zawodową otrzymał Złoty Krzyż Zasługi.

średni punkt wybuchów, środek elipsoidy rozrzutu wybuchów pocisków w przestrzeni, obliczony na podstawie pomiarów punktów wybuchu pocisków wystrzelonych z jednego egzemplarza broni w jednakowych warunkach.

środek detonujący, rodzaj środka inicjującego, służącego do wytwarzania impulsu inicjującego w postaci silnej fali uderzeniowej, potrzebnej do wywołania detonacji ładunku kruszącego mat. wybuch., przeważnie za pośrednictwem detonatora, rzadziej bezpośrednio. Do ś.d. należą wszelkie odmiany artyleryjskich i saperskich spłonek detonujących, zapalniki elektryczne oraz lont detonujący.

środek inicjujący, element amunicji przeznaczony do spowodowania przemiany wybuchowej w mat. wybuch. Ś.i. pobudza się do działania prostymi bodźcami, np.: przez uderzenie, nakłucie, tarcie, ogrzewanie. Zależnie od rodzaju wywołanej przemiany wybuchowej ś.i. dzieli się na zapalające i detonujące.

środek wybuchu jądrowego, punkt zajmujący centralne położenie w strefie sferycznej gazów powstających w momencie wybuchu jądrowego.

środek zapalający, środek wytwarzający strumień ognia, potrzebnego do zapalania ładunków prochowych, ścieżek prochowych w zapalnikach opóźniaczy, spłonek zapalających i detonujących. Ś.z. obejmują spłonki zapalające do naboi i zapalników, zapłonniki działowe, uderzeniowe i tarciowe, lonty, stopiny, knoty itp.

środki pirotechniczne, amunicja pirotechniczna obejmująca środki oświetlające (naboje, pociski, bomby); środki fotobłyskowe (fotobomby) stosowane do fotografowania lotniczego i naziemnego w nocy; środki smugowe pozostawiające w powietrzu ślad toru pocisku, który ułatwia wstrzeliwanie do szybko poruszających się celów; nocne środki sygnałowe (naboje, granaty); środki dymne (świece dymne, pociski dymne); środki pozorujące działanie różnego rodzaju amunicji lub różne zjawiska zachodzące w czasie walki; środki do wskazywania celów.

środki samozapalne, substancje chemiczne zdolne do samozapłonu w zetknięciu z powietrzem. Najbardziej popularny jest fosfor biały. Ostatnio jest on wypierany przez związki metaloorganiczne, spośród których praktyczne znaczenie w technice wojskowej ma trójetyloglin.

środki zapalające, środki służące do niszczenia wojsk, sprzętu wojskowego i dóbr materialnych nieprzyjaciela. Do ś.z. zalicza się: granaty zapalające, pociski zapalające artyleryjskie i rakietowe, lotnicze bomby zapalające, fugasy oraz miotacze ognia. Ś.z. stosowane były powszechnie podczas II wojny świat. Według danych amerykańskich 90% amunicji lotniczej zrzuconej podczas II wojny świat. na Japonię i 50% amunicji zrzuconej na Niemcy hitlerowskie stanowiły ś.z. Różne rodzaje ś.z. wchodzą obecnie w skład wyposażenia wszystkich armii.

Świerczyński Robert, ur. 1945 r., doktorat z zakresu analizy teoretycznej profilowanej wybuchowej kompresji plazmy w układzie cylindrycznym o skończonej długości (1981). Autor ponad 20 prac teoretycznych z dziedziny wybuchowej kompresji materii. Wychowanek prof. S. Kaliskiego. Laureat Nagrody Państwowej I stopnia (1978).

T

T4, patrz heksogen.

TAB, $C_6N_6(NO_2)_3$, trójnitrotrójazydobenzol, mat. wybuch. o prędkości detonacji 8580 m/s przy gęstości 1,74 g/cm³.

tacot, mat. wybuch. o nazwie chemicznej 2,3,5,6-czteronitrodwubenzeno-1,3a,4,6a-czteropentalen, temperaturze topnienia 410°C, prędkości detonacji 7250 m/s przy gęstości 1,85 g/cm³, ciśnieniu na froncie fali detonacyjnej 245 kbar.

tanoyaku, mieszanina heksogenu, trotylu i tetrylu (Japonia).

TATB, mat. wybuch. o nazwie chemicznej 1,3,5-trójamino-2,4,6-trójnitrobenzen, temperaturze topnienia 350°C, prędkości detonacji 7940 m/s przy gęstości 1,94 g/cm³, ciśnieniu na froncie fali detonacyjnej 290 kbar.

telsit, handlowa nazwa szwajcarskiego żelatynowego mat. wybuch.

temperatura kąpieli, temperatura, którą mierzy się w konwencjonalnym aparacie, w celu określenia granicy, powyżej której następuje samozapłon (pobudzenie) mat. wybuch. Szklaną próbkę zawierającą niewielką ilość (0,1 lub 0,5 g) mat. wybuch. zanurza się na głębokość 2 cm w stopie Wooda, znajdującym się w żelaznej łaźni i ogrzanym do 100°C. Łaźnię ogrzewa się równomiernie, tak aby temperatura wzrastała o 5° lub 20° na min. Notuje się temperaturę, przy której następuje pobudzenie.

temperatura łaźni, patrz temperatura kąpieli.

temperatura pobudzenia (wyfuknięcia), najniższa temperatura ogrzania mat. wybuch., przy której w wyniku przewagi przyrostu ciepła reakcji rozkładu nad ciepłem odprowadzanym na drodze przewodnictwa powstaje samorzutna wybuchowa przemiana danego mat. wybuch. T.p. stanowi miarę wrażliwości mat. wybuch. na ogrzewanie przeponowe.

Temperatura pobudzenia mat. wybuch.

Mat. wybuch.	Temperatura pobudzenia (°C)
Piorunian rtęci	175—180
Azydek ołowiu	330—340
Trójnitrorezorcynian ołowiu	270
Nitroceluloza (13,3% N)	195
Nitrogliceryna	200
Pentryt	215
Tetryl	195—200
Kwas pikrynowy	290—300
Trotyl	290—295
Amonity	220—240
Prochy bezdymne	180—200
Proch czarny	210—310
Heksogen	230

temperatura samozapłonu, najniższa temperatura mierzona w warunkach standardowych, do której należy podgrzać materiał w obecności powietrza (lub tlenu), aby nastąpiło samorzutne zapalenie się. T.s. jest różna dla różnych substancji, np. eteru 193°C, benzyny lotniczej 425°C, oleju napędowego 360°C, benzenu 592°C, koksu 550—560°C, grafitu 700—

—850°C. T.s. w obecności czystego tlenu jest niższa niż w obecności powietrza.

temperatura spalania prochu, temperatura rozkładu wybuchowego prochu. Jest to zarazem największa wartość temperatury gazów prochowych, będących produktami spalania prochu.

temperatura wybuchu, temperatura adiabatyczna (bez uwzględnienia strat cieplnych), do której zostaną ogrzane produkty przemiany wybuchowej w chwili wybuchu kosztem ciepła wybuchu. Wartość t.w. zależy głównie od ciepła wybuchu mat. wybuch. oraz od ciepła właściwego produktów wybuchu; waha się ona w granicach od 1500 do 4300°C. T.w. stanowi bardzo ważny parametr oceny stopnia bezpieczeństwa górniczych mat. wybuch. Doświadczalne określenie jej jest bardzo trudne ze względu na krótkotrwałość temperatury maksymalnej. Dlatego do chwili obecnej nie ma metody oznaczania t.w., która mogłaby mieć powszechne zastosowanie. T.w. oblicza się według wzoru: $T = \frac{Q_V}{c_V} + T_0$, gdzie Q_V — ciepło wybuchu przy stałej objętości, c_V — pojemność cieplna produktów wybuchu, T_0 — temperatura początkowa, zwykle 298 K. Ciepło właściwe $c = \frac{dq}{dT}$ jest to ilość ciepła niezbędna do ogrzania jednostkowej ilości substancji (np. 1 mola) o 1° (molarne ciepło właściwe). Ciepło właściwe i wartość q zależą od warunków reakcji (q — ilość ciepła potrzebna do ogrzania ciała). Rozróżniamy ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu c_P. Dla gazów idealnych $c_P - c_V = R$, gdzie R — stała gazowa równa 0,0821 dm³ atm/°C. Ciepło właściwe można obliczyć przyjmując zgodnie z założeniem teorii kwantowej, że składa się ono z trzech stopni swobody, a przy bardzo wysokich temperaturach należy jeszcze brać pod uwagę energię wzbudzenia elektronowego. Uwzględniając te czynniki ułożono tabele ciepeł właściwych gazów. Wyrażano je także przez zależność analityczną. Ilość ciepła konieczna do ogrzania ciała od temperatury T_1 do T_2 wynosi: $q = \int_{T_1}^{T_2} \bar{c}_V (T_2 - T_1)$, gdzie $\bar{c}_V$ — średnie ciepło właściwe przy stałej objętości w przedziale temperatur $T_2 - T_1$. Wartości średnich ciepeł właściwych dla różnych gazów w różnych przedziałach temperatury podano w tabeli. Do oznaczenia średniego ciepla właściwego w przedziale od 0° do t°C można stosować też dwuczłonowe wzory *Kasta*:

dla gazów dwuatomowych
$\bar{c}_V = 4,8 + 4,5 \cdot 10^{-4} t$,
dla pary wodnej
$\bar{c}_V = 4,0 + 21,5 \cdot 10^{-4} t$,
dla dwutlenku węgla
$\bar{c}_V = 9,8 + 5,8 \cdot 10^{-4} t$,
dla gazów czteroatomowych
$\bar{c}_V = 10,0 + 4,5 \cdot 10^{-4} t$,
dla gazów pięcioatomowych
$\bar{c}_V = 12,0 + 4,5 \cdot 10^{-4} t$.

Porównanie wartości średnich ciepeł właściwych obliczonych na podstawie wzorów *Kasta* z obliczonymi według energii wewnętrznych wskazuje, że wartości ciepeł właściwych, obliczonych za pomocą wzorów *Kasta* są niższe, a więc i wyższe wartości t.w. T.w. mieszaniny gazów oblicza się ze wzoru: $T = \frac{Q_V}{\Sigma n \bar{c}_V} + T_0$, gdzie: $\Sigma n \bar{c}_V$ — pojemność cieplna gazów powybuchowych będąca sumą iloczynów moli (z równania wybuchu) i średnich ciepeł właściwych poszczególnych składników gazów powybuchowych (patrz tabela). Wzór na t.w. mat. wybuch. można przedstawić w postaci: $T = \frac{Q_V}{\Sigma n \bar{c}_V} = \frac{Q_1 - Q_2}{\Sigma n \bar{c}_V}$ gdzie: Q_1 — ciepło tworzenia produktów wybuchu, Q_2 — ciepło tworzenia mat. wybuch. lub składników mieszaniny wybuchowej. Ze wzoru wynika, że t.w. rośnie ze wzrostem ciepła tworzenia produktów wybuchu i ze zmniejszaniem ciepła tworzenia mat. wybuch. w przypadku, gdy wolno

zmienia się pojemność cieplna produktów wybuchu. T.w. może być zatem podniesiona na skutek wprowadzenia do mat. wybuch. składników łatwo utleniających się, które przy jednakowym lub mniejszym zużyciu tlenu, niż przy utlenianiu węgla i wodoru, wydzielają większą ilość ciepła. Przykładem takich domieszek może być sproszkowany glin lub magnez. W pewnych przypadkach dąży się do obniżenia t.w. Zmniejszając t.w. prochów zmniejsza się erozję luf, zmniejszając t.w. górniczych mat. wybuch. zwiększa się bezpieczeństwo wobec gazu i pyłu węglowego. T.w. obniża się przez zabiegi odwrotne do tych, jakie stosuje się przy podwyższaniu t.w., tzn. przez zmniejszenie ciepła tworzenia produktów wybuchu, zwiększenie ich pojemności cieplnej i zwiększenie ciepła tworzenia mat. wybuch. Osiąga się to przez pogorszenie bilansu tlenowego w wyniku wprowadzenia domieszek powiększających ogólną pojemność cieplną produktów wybuchu. Tak działa np. zwiększenie w składzie elementarnym mat. wybuch. stosunku ilości atomów H do ilości atomów C. Do mat. wybuch. górniczych w tym celu dodaje się chlorki i dwuwęglany nieorganiczne; do prochów węglowodory, smoły, nitrozwiązki itp.

temperatura wyfuknięcia, inaczej temperatura pobudzenia.

temperatura zapłonu, najniższa temperatura, w której badany produkt ogrzewany w standardowych warunkach wydziela taką ilość par, która wystarczy do utworzenia z powietrzem mieszaniny zapalającej się przy zbliżeniu płomienia. Zależy ona ściśle od temperatury wrzenia (lotności) produktów naftowych. tzn. od ich zdolności do odparowania. Benzyny mają ujemną t.z.

temperaturowa górna granica pobudzenia, niektóre mat. wybuch. (tetryl, kwas pikrynowy) po wprowadzeniu w niewielkiej ilości do ogrzanej próbki nie ulegną pobudzeniu, jeśli temperatura próbówki jest wyższa od pewnej wartości granicznej. Nastąpi wówczas rozkład bezpłomienny. Górną granicę temperatury pobudzenia mają tylko te materiały, których temperatura wrzenia jest znacznie niższa od temperatury pobudzenia.

TEN, patrz pentryt.

teneres, inaczej trójnitrorezorcynian ołowiu.

teoria eksplozoforów i auksoeksplorów, patrz teoria Pieca.

teoria Frasera i Hicka, przedstawia zachowanie się warstw powierzchniowych prochu aż do osiągnięcia temperatury zapłonienia. Zgodnie z wynikami prac innych badaczy, t.F.i.H. należy uzupełnić założeniem, że osiąg-

Średnie ciepła właściwe $\bar{c}_V$ między 0° i t°C

t	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
CO_2	9,93	10,56	11,03	11,32	11,52	11,69	11,83	11,96	12,07	12,09
CO	5,44	5,83	6,03	6,13	6,27	6,36	6,41	6,47	6,51	6,54
H_2	5,07	5,24	5,44	5,60	5,73	5,85	5,94	6,03	6,09	6,15
H_2O	7,19	7,83	8,36	8,70	9,17	9,45	9,69	9,88	10,04	10,18
O_2	5,90	6,10	6,30	6,40	6,48	6,53	6,59	6,61	6,63	6,68
N_2	5,48	5,79	5,90	6,12	6,21	6,30	6,38	6,42	6,45	6,50
NO	5,72	5,98	6,13	6,28	6,37	6,44	6,49	5,54	6,58	—
C	4,60	4,96	5,21	5,30	5,40	5,47	5,54	5,55	5,60	—
HCl	5,28	5,53	5,75	5,90	6,02	6,14	6,20	6,27	6,33	--
Cl_2	6·67	6,75	6,81	6,83	6,84	6,85	6,86	6,88	6,88	—

niçciu temperatury zapłonienia towarzyszy szybkie usunięcie wybuchowej mieszaniny gazowej z powierzchni.

teoria Letanga, dotyczy stacjonarnego spalania gazów. G. Letang przyjmuje, że przy uderzaniu cząsteczek produktów spalania, które posiadają odpowiednią energię aktywacji, następuje rozpad cząsteczki prochu i przemiana jej w końcowe produkty rozpadu. Ponieważ ilość uderzeń cząsteczek w powierzchnię jest proporcjonalna do ciśnienia gazu, to założenie bezpośredniego kontaktu gazów spalania i prochu we wszystkich jego wariantach prowadzi do proporcjonalności szybkości spalania do ciśnienia, co zwykle przyjmuje się jako fakt doświadczalnie potwierdzony dla stosunkowo dużych ciśnień. Znając szybkość spalania prochu przy określonym ciśnieniu można by obliczyć ułamek uderzeń efektywnych i odpowiednio minimalną energię graniczną.

teoria Lothropa i Handricha, Lothrop i Handrich (1948) wprowadzili termin plozofor, za pomocą którego analogicznie do chemii barwników określają grupę atomów tworzącą z węglowodorami związki wybuchowe. Plozofory te dzielą na pierwotne, które obejmują związki estrowe kwasu azotowego, nitroaromatyczne, nitroalifatyczne i nitroaminy oraz wtórne, które obejmują wszystkie pozostałe grupy: azowe, notrozowe, azydki, nadtlenki, nadchlorany itd.

teoria Pleca, Plec (1935) w celu wyjaśnienia zależności między działaniem i budową mat. wybuch. zaproponował teorię eksplozoforów i auksoeksplorów analogicznie do teorii barwnika Witta. Zgodnie z t.P. właściwości wybuchowe danego związku zależą od obecności określonych grup strukturalnych, zwanych przez niego eksplozoforami, natomiast auksoeksplory wzmacniają lub zmieniają własności wybuchowe, spowodowane przez eksplozofory. W t.P. różnice między eksplozoforami i auksoeksplorami są niesprecyzowane.

teoria spalania, dziedzina nauki zajmująca się procesami chemicznymi i fizycznymi zachodzącymi przy spalaniu. Stanowi jedną z podstaw balistyki wewnętrznej broni lufowej i rakietowej oraz pirotechniki, wyjaśniając zjawiska zachodzące przy spalaniu prochów, paliw rakietowych i mas pirotechnicznych.

teoria Yamagi, dotyczy procesu stacjonarnego spalania prochów. Yamaga podobnie jak Letang kładzie nacisk na zależność szybkości spalania od temperatury początkowej prochu. Proces spalania prochu bezdymnego rozpatruje jako wynik zderzeń cząsteczek produktów spalania, bogatych w energię, z aktywnymi cząsteczkami prochu. Jeśli tym energiom aktywacji przypisać określone wartości, to wzorami e^{-E_1/RT_1} oraz e^{-E_2/RT_2} można opisać zależność doświadczalną szybkości spalania od temperatury spalania T_1 i temperatury początkowej prochu T_2(E_2 = 280 cal, zaś E_1 wynosi około 20 000 cal). Ponadto zakłada się, że E_1 i E_2 nie zależą od składu prochu, określającego jego kaloryczność.

teoria Zeldowicza-Bielajewa, w 1938 r. J. B. Zeldowicz i Frank-Kamieniecki opracowali teorię stacjonarnego spalania (najprostszy przypadek) gazów. Ułożyli równanie różniczkowe procesu bez założeń upraszczających. Rozpatrzyli ilościowo przebieg reakcji chemicznej w warunkach zmieniającej się temperatury na skutek działania ciepła reakcji, przepływu ciepła od warstw, które przereagowały wcześniej, do następnych warstw. Jednocześnie uwzględniono przenoszenie drogą dyfuzji produktów reakcji w kierunku rozchodzenia się płomienia i substancji wyjściowej w kierunku przeciwnym. Dla najważniejszego, wynikającego z kinetyki reakcji chemicznej, przypadku silnej zależności szybkości reakcji chemicznej od temperatury, co następuje przy $E \gg RT$, otrzymano proste wzory na szybkość spalania i jej zależności od ciśnienia oraz temperatury początkowej. Podstawą teorii było założenie, że reakcja chemiczna podczas spalania praktycznie w całości przebiega przy temperaturze zbliżonej do maksymalnej tem-

peratury spalania. Na podstawie tego Bielajew (1938) opracował teorię spalania mat. wybuch. skondensowanych przyjmując, że liczne z nich są lotne. Ogrzanie substancji w warunkach zapłonu lub spalania stacjonarnego powoduje bezpośrednio tylko przemianę substancji w parę, ponieważ prawdopodobieństwo odparowania cząsteczki na powierzchni mat. wybuch. jest znacznie większe niż prawdopodobieństwo jej rozpadu. Wynika to z tego, że ciepło odparowania jest znacznie mniejsze niż energia aktywacji. Dlatego spalanie lotnych mat. wybuch. można rozpatrywać jako spalanie par z tym, że są one wytwarzane w procesie spalania. W dalszych pracach Zeldowicz wykazał, że spalanie mat. wybuch. nielotnych przy pewnych założeniach może być rozpatrywane jako proces przebiegający w fazie gazowej. Różnica w odniesieniu do mat. wybuch. lotnych polega na tym, że gazy zdolne do reakcji nie powstają przez odparowanie, lecz na skutek płytkiego rozkładu mat. wybuch., przebiegającego z wydzielaniem niedużej części, maksymalnie możliwego do wydzielenia, ciepła reakcji. Teoria ta była pierwszą, która opisała ilościowo proces spalania na podstawie pojęć fizykochemicznych. W pierwszej wersji nie spełniała jednak najważniejszego wymagania — zgodności wniosków z wynikami doświadczeń, ze względu na wielką złożoność realnego procesu spalania w porównaniu z przyjmowanym suchym schematem teoretycznym. Aby spalanie przebiegało zgodnie z teorią, dla reakcji nielotnych powinien być spełniony warunek $E \gg RT$. Ponadto teoria powinna uwzględniać niektóre istotne czynniki, np. wykrzywienie warstwy powierzchniowej w wyniku wrzenia lub wydzielania pęcherzyków rozpuszczonych gazów, przekazywanie ciepła na skutek promieniowania ze strefy reakcji w fazie skondensowanej itp.

tetra, inaczej tetryl.

tetralit, inaczej tetryl.

tetralita, inaczej tetryl.

tetrasin, rosyjska nazwa tetrazenu.

tetrazen, $C_2H_8N_{10}O$, wodzian 4-guanylo-1-tetrazolilotetrazenu, pomocniczy mat. wybuch. inicjujący, otrzymany po raz pierwszy w 1910 r. Substancja krystaliczna o barwie bladożółtej, masie właściwej 1,46 g/cm³, niehigroskopijna i nierozpuszczalna w wodzie, o wrażliwości zbliżonej do piorunianu rtęci. Ze względu na słabą zdolność inicjującą stosowany jest wyłącznie w mieszaninie z innymi inicjującymi mat. wybuch., w celu podwyższenia ich wrażliwości, np. trójnitrorezorcynianem ołowiu w masach niekorodujących, w masach nakłuciowych do sporządzania spłonek detonujących, z azydkiem ołowiu w postaci niewielkiego 2—3% dodatku.

tetril, rosyjska nazwa tetrylu.

tetryl, $C_6H_2(NO_2)_3NCH_3NO_2$, 2,4,6-trójnitrofenylometyionitroamina, kruszący mat. wybuch. otrzymany po raz pierwszy przez K. Mertensa w 1877 r., przewyższający nieco mocą i wrażliwością trotyl. Substancja krystaliczna o barwie żółtej, temperaturze topnienia 129,45°C i masie właściwej 1,73 g/cm³; łatwo zaprasowuje się do gęstości 1,68 g/cm³; niehigroskopijna, nierozpuszczalna w wodzie, dobrze rozpuszczająca się w acetonie, benzynie i stężonym kwasie azotowym. Prędkość detonacji przy gęstości 1,65 g/cm³ wynosi 7500 m/s, ciśnienie na froncie fali detonacyjnej 170 000 kG/ /cm², wydęcie w bloku ołowianym 340 ml. T. stosuje się głównie do wyrobu detonatorów oraz jako składnik wtórny w spłonkach detonujących; ostatnio zastępuje się go heksogenem lub pentrytem. Dawniej t. używano do wyrobu rdzenia lontu detonującego i ładunków kruszących w stanie czystym lub z dodatkiem flegmatyzatora (do pocisków małokalibrowych) oraz w mieszaninie z innymi mat. wybuch. kruszącymi, np. z trotylem.

tetrytol, mieszanina 70% tetrylu i 30% trotylu.

Tęsiorowski Edward, 1907—1975 r., absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością mat. wybuch. (1931). Po studiach podjął pracę

w Centralnym Laboratorium *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*; w 1933 r. przeszedł do Centrali Odbioru Materiałów Uzbrojenia, gdzie został kierownikiem ekspozytury w *Zakładach Przemysłowych „Boryszew"*. Po wybuchu



Tęsiorowski Edward

II wojny świat. dostał się do Anglii, gdzie na mocy rozkazu dowództwa Armii Polskiej został skierowany do pracy w *Królewskiej Fabryce Zaopatrzenia* w Bishopton. Pracował tu do 1945 r. kierując kontrolą produkcji prochów i bawełny strzelniczej. Następnie po roku pracy w Wojskowym Instytucie Technicznym w Londynie wrócił do Polski. Podjął pracę na stanowiskach głównego inżyniera, następnie starszego inżyniera produkcji, potem generalnego projektanta w Zjednoczeniu Przemysłu Materiałów Wybuchowych. Rzeczoznawca NOT, przewodniczący Komisji Mat. Wybuch. przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym, do 1965 r. przez kilka lat członek Międzynarodowej Komisji Bezpieczeństwa i Ochrony Pracy, współautor *Słownika towaroznawczego*, autor książki *Nitroceluloza*, współautor książki *Transport drogowy materiałów niebezpiecznych*.

TG, stosowany w ZSRR skrót nazwy mieszaniny trotylu i heksogenu.

Thompson, chemik angielski, pracownik fabryki w Waltham-Abbey; w 1905 r. opracował bardziej nowoczesny sposób nitracji bawełny, który zaczęto stosować w Anglii, Włoszech, Belgii oraz częściowo we Francji. Różnił się on tym od poprzednich, że w naczyniu nitracyjnym odbywało się również pierwsze przemycie nitrocelulozy wodą. Uniknięto w ten sposób przenoszenia przesyconej kwasem nitrocelulozy, co eliminowało pożary. Nitracja w aparacie Thompsona trwała 2—2,5 godz.; nie stwarzała żadnego niebezpieczeństwa i była mało pracochłonna.

„Tłocznia", Warszawska Fabryka Masowych Wyrobów Blaszanych, Sp. Akc., spółka realizująca liczne zamówienia ze strony władz wojskowych w okresie międzywojennym.

tłoczysko, część układu ruchomego broni pracującej na zasadzie odprowadzania gazów prochowych, łącząca tłok gazowy z suwadłem.

TNA, inaczej trójnitroanilina.

TNAns, stosowany w USA skrót nazwy trójnitroanizol.

TNB, inaczej trójnitrobenzol.

TNCB, stosowany w USA skrót nazwy trójnitrochlorobenzol.

TNEB, stosowany w USA skrót nazwy trójnitroetylobenzol.

TNG, stosowany w USA skrót nazwy trójnitrogliceryna.

TNMA, stosowany w USA skrót nazwy trójnitrometyloanilina.

TNN, stosowany w USA skrót nazwy trójnitronaftalen.

TNPE, stosowany w Hiszpanii skrót nazwy pentryt.

TNR, stosowany w USA skrót nazwy trójnitrorezorcyna.

TNT, inaczej trotyl.

TNX, skrót nazwy trójnitroksylol.

Tobola Kazimierz, 1897—?, porucznik WP. Ok. 1925 r. rozpoczął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*. Przed 1927 r. został kierownikiem fabryki prochu czarnego. Funkcję tę pełnił do wybuchu II wojny świat. W tej wytwórni prowadził także Stację Badań Balistycznych wraz ze strzelnicą.

TOL, francuska nazwa trotylu.

tolamite, handlowa nazwa francuskiego żelatynowego mat. wybuch.

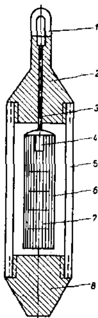
tolita, amerykańska nazwa trotylu.

tolite, austriacka nazwa trotylu.

toluen, $C_6H_5 \cdot CH_3$, metylobenzen; węglowodór aromatyczny, najprostszy homolog benzenu. Barwna ciecz o temperaturze topnienia —95°C, wrzenia 110,6°C, nierozpuszczalny w alkoholu, benzenie i eterze, palny. Otrzymywany jest przez katalityczne reformowanie ropy naftowej lub destylację frakcyjną smoły pogazowej. Stosowany jako surowiec i rozpuszczalnik w wielu dziedzinach przemysłu organicznego barwników, farmaceutycznego, tworzyw sztucznych, detergentów i substancji zapachowych, jako składnik wysokooktanowych paliw lotniczych oraz do produkcji mat. wybuch.

Torecki Stanisław, ur. 1932 r., doktorat na temat badań wymiany ciepła w lufach broni automatycznej (1962), praca habilitacyjna na temat termodynamiki procesów nieustalonego spalania stałych paliw rakietowych (1966), od 1980 r. prof. Wojskowej Akademii Technicznej. Specjalista w dziedzinie balistyki (teoria i metody diagnostyczne), teorii wymiany ciepła i spalania. Autor ok. 80 publikacji naukowych, kilkunastu opracowań specjalistycznych oraz książek popularnonaukowych. Autor oryginalnej teorii spalania nieustalonego stałych materiałów pędnych. Promotor prac doktorskich z zakresu balistyki wewnętrznej.

torpedowanie głębokich otworów wiertniczych, czynność polegająca na odstrzeleniu na określonej głębokości otworu ładunku mat. wybuch. Obecnie do tego celu używa się dynamitów, gdyż nie są one wrażliwe na działanie wilgoci. Ładunek mat. wybuch. wraz z zapalnikiem elektrycznym umieszcza się w obudowie rurowej. Torpedowanie stosuje się w celu otwarcia połączenia przestrzeni otworu ze złożem, a także umożliwienia wydobycia na powierzchnię niezacementowanej części rur okładzinowych z otworu w przypadku jego likwidacji. Torpedę odstrzeliwuje się w czasie rozciągania kolumny rur.



Przekrój torpedy:
1 — uchwyt głowicy górnej, 2 — głowica górna, 3 — kanał przewodu zapalnika elektrycznego, 4 — nabój udarowy, 5 — obudowa rurowa, 6— osłona workowa, 7 — wiązki nabojów, 8 — głowica dolna

torpedy wiertnicze, torpedy zaopatrzone w ładunki wykonane z dynamitu lub żelatyny wybuchowej (patrz torpedowanie głębokich otworów wiertniczych).

torpex, patrz HBX.

totalit, szwajcarski mat. wybuch. (saletra amonowa z dodatkiem 6% parafiny).

Trauzl, niemiecki uczony, który w celu porównywania efektywności wybuchu mat. wybuch. zaproponował na przełomie XIX i XX w. stosowanie cylindrycznego bloku ołowianego ze standardowym otworem. W otwór wprowadzany jest określony ładunek badanego mat. wybuch. i detonowany. Po zdetonowaniu produkty wybuchu cisnąc na ścianki bloku ołowianego powodują zwiększenie w nim objętości

pustej przestrzeni. Objętość ta jest porównawczą miarą efektywności wybuchu, która dla współczesnych mat. wybuch. wynosi od 240 do 270 cm^3. Metoda ta na V Międzynarodowym *Zjeździe Chemii Stosowanej w Berlinie* w 1903 r. została przyjęta za standardową.

Trauzla metoda, patrz Trauzl.

tri — inaczej trotyl.

trial, mat. wybuch. stanowiący topliwą mieszaninę heksogenu z trotylem i dodatkiem *aluminium (10—25%)*, stosowany w czasie II wojny świat. przez Niemców do napełniania min morskich i torped.

trialen, mat. wybuch. stanowiący mieszaninę trotylu, heksogenu i aluminium, stosowany w czasie II wojny świat. przez Niemców do napełniania głowic bojowych pocisków rakietowych V-2. Charakteryzuje się dużą siłą kruszącą.

trilit, hiszpańska nazwa trotylu.

trillita, nazwa trotylu.

trimonit 1, mat. wybuch. o gęstości 1,10 g/cm^3 (0,7 g/cm^3 w formie granulometrycznej), cieple wybuchu 5210 kJ/kg.

trinal, trójnitronaftalen.

trinol, włoska nazwa trotylu.

trisol, trójnitroanizol.

tritol, nazwa trotylu.

triton, nazwa trotylu.

tritonal, mieszanina 20—40% aluminium oraz 80—60% trotylu.

trixogen, mieszanina trotylu i heksogenu.

trotyl, $C_6H_2CH_3(NO_2)_3$, trójnitrotoluen, TNT, mat. wybuch.; jasnożółta substancja krystaliczna o temperaturze topnienia 80,6°C i gęstości 1,699 g/cm^3. Ogrzany do temperatury powyżej 290°C wybucha z wielką siłą wydzielając duże ilości gazów (objętość gazów 690 l/kg) i ciepła (ok. 3700 kJ/kg). Jego ciśnienie detonacji wynosi 150 000 kG/cm^2, zaś wydęcie w bloku ołowianym dochodzi do 310 ml, przy prędkości detonacji równej 6900 m/s. T. jest substancją niehigroskopijną, nierozpuszczalną w wodzie, natomiast dobrze rozpuszczającą się w benzenie, toluenie, acetonie i stężonym kwasie azotowym. Jest to mat. wybuch. najmniej wrażliwy na bodźce zewnętrzne i najbardziej bezpieczny w produkcji oraz użyciu. Jest bardzo trwały; nie reaguje z *metalami; odporny na działanie kwasów,* zaś z zasadami tworzy nietrwałe i bardzo wrażliwe związki barwne. T. został otrzymany przez J. Wilbranda w 1863 r. w wyniku działania mieszaniną kwasu azotowego i siarkowego na toluen w temperaturze „bliskiej *temperaturze wrzenia". W 1870 r.* F. Beilstein i Kuhlberg opisali dokładnie przebieg procesu otrzymywania t. i wyodrębnili go w stanie czystym. W 1883 r. Claus i Becher określili budowę t. Do techniki wojskowej t. został wprowadzony na początku XX w. *W czasie I i II wojny świat. stoso*wano go zamiast kwasu pikrynowego do napełniania skorup pocisków artyleryjskich, min, torped i bomb lotniczych, a także do sporządzania środków minerskich; w postaci czystej stosowany jest w formie ładunków prasowanych lub odlewanych. Jest podstawowym składnikiem mieszanin wybuchowych używanych w wojsku i technice cywilnej. T. otrzymuje się przez nitrowanie toluenu mieszaniną kwasu azotowego i siarkowego. Surowy półprodukt zawiera zanieczyszczenia tworzące z t. niskotopliwe eutektyki, tzn. olej trotylowy, który jest niebezpieczny w eksploatacji pocisków; usuwa się go z t. przez krystalizację lub działanie roztworem siarczynu sodowego (stąd nazwa trójnitrotoluen siarczynowany).

trójaminotrójnitrobenzol, inaczej TTB.

trójazotan gliceryny, inaczej nitrogliceryna.

trójazydek cyjanuru, patrz azydki organiczne.

trójetyloglin, związek metaloorganiczny, bardzo energetyczny środek zapalający, o temperaturze topnienia 46°C i temperaturze wrzenia 194°C. Ciepło spalania t. wynosi 11 070 kcal/g. Temperatura płomienia jest zbliżona do temperatury palącej się benzyny. W zetknięciu z wodą

następuje wybuch. T. przechowuje się w atmosferze azotu. Do napełniania amunicji zapalającej stosowany jest w postaci zagęszczonej.

trójnitroanilina, $C_6H_4N_4O_6$, mat. wybuch. o prędkości detonacji 7300 m/s przy gęstości 1,72 g/cm³, cieple wybuchu 1070 kcal/kg, objętości gazów wybuchowych 680 l/kg.

trójnitroanizol, trinol, An, estr kwasu pikryuowego, otrzymywany z chlorodwunitrobenzenu. Zaczęto go używać w celu usuwania kwaśnych własności kwasu pikrynowego i niebezpieczeństwa powstawania pikrynianów metali. W czasie I wojny świat. stosowano go w mieszaninach z trotylem i ewentualnie azotanem do napełniania pocisków. W okresie II wojny świat. t. stosowano w Japonii. Pod względem siły w przybliżeniu równy jest trotylowi.

trójnitrobenzen, $C_6H_3(NO_2)_3$, związek chemiczny mający dobre własności wybuchowe, lecz nie stosuje się go ze względu na własności toksyczne i wysoką cenę produkcji.

trójnitrobenzol, $C_6H_3(NO_2)_3$, stały mat. wybuch. o symbolu TNB.

trójnitroestr gliceryny, patrz nitrogliceryna.

trójnitrofenetol, mat. wybuch. o mniejszym znaczeniu niż trójnitroanizol z powodu gorszego bilansu tlenowego.

trójnitrofenol, inaczej kwas pikrynowy.

trójnitrofenylometylonitroamina, inaczej tetryl.

trójnitrokrezol, mat. wybuch. o prędkości detonacji 6850 m/s przy gęstości 1,62 g/cm³, cieple wybuchu 925 kcal/kg, temperaturze wybuchu 2700°C, objętości gazów wybuchowych 675 l/kg.

trójnitroksylen, $C_6H(NO_2)_3CH_3$, mat. wybuch. z grupy nitrozwiązków. Pod względem własności wybuchowych ustępuje nieco trotylowi, natomiast jego stopy z trotylem niewiele różnią się pod względem kruszności od czystego trotylu, są natomiast bardziej wrażliwe na detonację dzięki drobnokrystalicznej strukturze (stop L). Stosuje się również mieszaninę t. z saletrą amonową i innymi nitrozwiązkami.

trójnitro-m-krezol, inaczej krezylit.

trójnitronaftalen, związek chemiczny stosowany w Niemczech w okresie I wojny świat. zamiast trotylu lub w mieszaninie z trotylem i azotanem amonowym.

trójnitrorezorcyna, nitrowa pochodna rezorcyny, stosowana do wyrobu soli ołowiu; ważny składnik mas zapalających.

trójnitrorezorcynian ołowiu, $(C_6H(NO_2)_3O_2PbH_2O)$, styfninian ołowiu, pomocniczy inicjujący mat. wybuch. o słabych własnościach wybuchowych; żółta lub brunatnoczerwona substancja krystaliczna o ciężarze właściwym 3,10 g/cm³, trudno rozpuszczalna w wodzie. Wyjątkowo łatwo zapala się od płomienia i iskry elektrycznej, jego wrażliwość na uderzenie jest mniejsza niż azydku ołowiu, zaś na tarcie podobna. Łatwo elektryzuje się, co przy łatwości zapalenia czyni go niebezpiecznym w produkcji. T.o. stosuje się w celu podwyższania zapalności w masach niekorodujących do nabojowych spłonek zapalających; w mieszaninie z azydkiem ołowiu lub w postaci warstwy umieszczonej nad nim — w ogniowych spłonkach detonujących lub w masie nakłuciowej o składzie 50% t.o., 25% azotanu baru, 20% trójsiarczku antymonu, 5% tetrazenu.

trójnitrotoluen, inaczej trotyl.

trójnitrotrójazydobenzol, inaczej TAB.

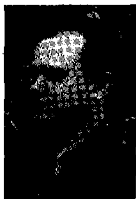
trójtetryl, mat. wybuch. pochodny metyloaniliny; nie ma praktycznego zastosowania.

trwałość materiałów wybuchowych, cecha umożliwiająca całkowite zachowanie własności chemicznych i fizycznych mat. wybuch., a w konsekwencji i ich własności wybuchowych, w warunkach długotrwałego magazynowania. Miarą t. mat. wybuch. jest szybkość zachodzących zmian chemicznych i fizycznych podczas składowania; im mniejsza szybkość tych zmian, tym większa t. mat. wybuch. Ma ona

stotne znaczenie przy ocenie zastosowania mat. wybuch. i określeniu bezpiecznych warunków magazynowania go. *Rozróżnia się chemiczną* i fizyczną t. mat. wybuch. Trwałość chemiczna zależy głównie od budowy *chemicznej mat. wybuch.* oraz zawartości obcych domieszek. Ze stosowanych w praktyce mat. wybuch. najmniejszą *trwałość chemiczną* mają estry kwasu azotowego (np. nitroceluloza i nitrogliceryna), które wymagają okresowej kontroli w czasie magazynowania. Do domieszek obniżających trwałość chemiczną należą ślady wolnych kwasów i produkty rozpadu mat. wybuch. (głównie tlenki azotu), które z kolei przyspieszają proces rozkładu (działanie autokatalityczne). W celu zwiększenia trwałości chemicznej mat. wybuch. wprowadza się stabilizatory, które przez wiązanie lub neutralizację produktów rozkładu mat. wybuch. hamują dalszy ich rozkład; trwałość chemiczna obniża się znacznie ze wzrostem temperatury magazynowania; wzrost temperatury o 10°C przyspiesza kilkakrotnie rozkład mat. wybuch. Z kolei trwałość fizyczna zależy od własności fizycznych mat. wybuch. (higroskopijności, lotności, wytrzymałości mechanicznej), a także od procesów fizykochemicznych: rekrystalizacji i eskadacji, tzn. wypacania się ciekłych niskotopliwych składników. Niektóre mat. wybuch. szybko tracą własności wybuchowe wskutek dużej lotności jednego ze składników (np. tlenu w oksylikwitach). Mieszaniny wybuchowe zawierające saletrę amonową (np. amatole) podatne są na działanie wilgoci i temperatury, ulegając zbryleniu. Z surowego trotylu wycieka tzw. olej trotylowy, co może wywołać przedwczesny wybuch, zaś nitrogliceryna może wypacać się z prochów nitroglicerynowych lub z dynamitów podczas niewłaściwego magazynowania. Metody oznaczania trwałości chemicznej, zwane próbami trwałości, polegają na sztucznym przyspieszaniu rozkładu mat. wybuch. przez ogrzewanie badanej próbki w ściśle znormalizowanych warunkach, a następnie *rejestrowanie* czasu od *rozpoczęcia* ogrzewania do chwili powstania wyraźnych oznak rozkładu próbki, *sygnalizowanego zwykle przez pojawienie* się lub zmianę zabarwienia papierka wskaźnikowego (próby jakościowe, np. *Abla, Vieille'a*), *albo też przez oznaczenie* w sposób analityczny rozkładu badanej próbki po upływie określonego *czasu (próby ilościowe, np.* próba Bergmanna-Juncka, próba Hansena, wagowa próba trwałości i inne). Żadna z metod *badania t. mat. wybuch.* nie jest uniwersalna. Normy trwałości chemicznej opracowane zostały na podstawie *materiału doświadczalnego* przez porównanie trwałości badanego mat. wybuch. z trwałością takiego, który w czasie magazynowania okazał się trwały. Trwałość fizyczną mat. wybuch. oznacza się za pomocą ogólnie przyjętych metod określania lotności, wilgotności, wytrzymałości chemicznej itp.

TTB, $C_6H_6N_3(NO_2)_3$, trójaminotrójnitrobenzol, mat. wybuch. o prędkość detonacji 7900 m/s przy gęstości 1,90 g/cm³.

Tucholski Tadeusz, 1898—1940. W 1911 r. wyjechał do Brazylii; po powrocie do kraju w 1920 r. wstąpił do WP, gdzie został odkomenderowany do Szkoły Pirotechnicznej przy D. O. Gen. Poznań. W latach 1921—26 sprawował funkcję kierownika Laboratorium Chemicznego i Pirotechnicznego Warsztatu Amunicyjnego nr 2 w Poznaniu oraz inspektora magazynów mat. wybuch. W 1926 r. został zastępcą młodszego asystenta w Zakładzie Fizyki na wydziale lekarskim Uniwersytetu A. Mickiewicza w Poznaniu, a od 1928 r. starszym asystentem. W latach 1937—39 prowadził prace badawcze w zakresie mat. wybuch., jako stały doradca Ministerstwa Spraw Wojskowych, od 1939 r. adiunkt w Zakładzie Technologii Organicznych Politechniki Warszawskiej, równocześnie od 1939 r. samodzielny pracownik naukowy Instytutu Technicznego Uzbrojenia. Był samoukiem. W 1927 r. uzyskał stopień magistra filozofii, w 1930 r. doktora filozofii na Wydziale Chemii Uniwersytetu



Tucholski Tadeusz

Poznańskiego za pracę ,,Widma metali otrzymywane w reakcjach wybuchowych", a w 1936 r. stopień docenta chemii fizycznej mat. wybuch. po wykonaniu pracy dysertacyjnej pt. ,,Analiza termiczna pikrynianów. Odwodnienie, temperatury topnienia, inicjujące i przeciwwybuchowe". Uczestniczył w pracach Komisji Mat. Wybuch. Towarzystwa Wojskowo-Technicznego. Był autorem przeszło 20 prac naukowych z dziedziny kinetyki, katalizy, własności fizycznych i optycznych wybuchów, kryminologii itp. Twórca szeroko obecnie stosowanego dyferencjalnego kalorymetru rejestrującego procesy przemiany mat. wybuch. w czasie ich ogrzewania. Został stracony przez Niemców 30 IX 1940 r.

tunderyt, handlowa nazwa niemieckiego mat. wybuch. o składzie: 92% NH_4NO_3, 4% mąki, 4% trotylu.

Turpin, XIX w., chemik, który w 1886 r. zwrócił uwagę na własności czystego kwasu pikrynowego, który prasowany w nabojach albo przetapiany i odlewany daje się pobudzać do wybuchu i mimo niezupełnego spalania jest doskonałym kruszącym mat. wybuch. T. wskazał także sposób wypełniania granatów przetopionym kwasem pikrynowym.

tutol, nazwa trotylu w czasach carskiej Rosji.

U

UDMH, skrót nazwy dimazin.

ukierunkowane przesuwanie mas ziemnych, przeważnie grunt podczas wybuchu wyrzucany jest z największą siłą w kierunku prostopadłym do jego powierzchni. W przypadku poziomego usytuowania powierzchni ziemi najwięcej gruntu wyrzuca się do góry. Nie przynosi to pełnych korzyści, gdyż powstały dół powybuchowy będzie w pewnej części ponownie zasypany tym samym gruntem. W przypadku nadania powierzchni gruntu odpowiedniego nachylenia i prawidłowego obliczenia wielkości ładunków grunt można odrzucić na żądaną odległość w wymaganym kierunku. W tym celu można wykorzystać istniejące nachylenie gór lub wytworzyć je za pomocą wstępnych, przygotowawczych wybuchów. Przy takim rozwiązaniu, wybuch ładunku zasadniczego nie może nastąpić zbyt późno po wybuchu ładunku pomocniczego. Chodzi o to, aby praca wybuchu była *zużyta na przesuwanie mas ziemnych*, a nie mas powietrza, ponieważ mogłoby to zniszczyć obiekty położone niedaleko od miejsca wybuchu. Teorię ukierunkowanego wybuchu, w obecnym rozumieniu, stworzyli uczniowie M. W. Ławrientiewa — W. M. Kuźniecow oraz N. Szwer. Podstawą teorii były dwie zasadnicze hipotezy: grunt w miejscu wybuchu uważany jest za idealną ciecz nieściśliwą oraz wielkość impulsu przekazywanego w rezultacie wybuchu ładunku mat. wybuch. jest proporcjonalna do grubości warstwy mat. wybuch. Z tych nieskomplikowanych zależności mechanicznych wynikało, że jeżeli pewna objętość gruntu przeznaczona jest do ukierunkowanego przerzucenia, to grubość warstwy mat. wybuch. (ilość mat. wybuch. przypadająca na jednostkę powierzchni) otaczającego grunt powinna zmieniać się liniowo w kierunku wyrzutu. Przy takim rozwiązaniu wybuch „ułoży" grunt tuż obok w postaci zwartej górki.

unigel, handlowa nazwa angielskiego mat. wybuch.

unigex, handlowa nazwa angielskiego mat. wybuch.

unipruf, handlowa nazwa angielskiego mat. wybuch.

Urbański Jerzy, ur. 1922 r., absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością technologia mat. wybuch. (1950), doktorat na temat badań pochodnych nitrowych azooxybenzenu (1959), praca habilitacyjna na temat badań nad wykrywaniem i oznaczaniem niektórych grup funkcyjnych za pomocą reakcji barwnych z nitrozwiązkami aromatycznymi (1971). Specjalista w dziedzinie chemii i technologii organicznej oraz analizy organicznej. Autor ponad 40 publikacji naukowych, 2 monografii: *Analiza polimerów syntetycznych* i *Hand Book of Analysis of Synthetic Polimers and Plastics*, 2 książek: *Chemiczne źródła energii* i *Tworzywa sztuczne* oraz 3 tłumaczeń na język polski książek technicznych z zakresu chemii.

Urbański Tadeusz, ur. 1901 r., w 1919 r. wstąpił na Politechnikę w Nowoczerkasku, w 1921 r. powrócił

do Polski i w 1924 r. ukończył studia na Politechnice Warszawskiej, zaś w 1932 r. obronił pracę doktorską na temat badań fotograficznych nad przebiegiem detonacji mat. wybuch. W 1936 r. mianowany profesorem. W czasie II wojny świat. pracował w Research Departament Ministry of Supply, w 1946 r. wrócił do kraju. W latach 1946—50 był dziekanem Wydziału Chemii Politechniki Warszawskiej, w 1957 r. objął stanowisko kierownika Zakładu Syntezy Organicznej Polskiej Akademii Nauk. W 1950 r. zorganizował dział mat. wybuch. w Wojskowej Akademii Technicznej. Od



Urbański Tadeusz

1950 r. członek korespondent PAU, od 1952 r. członek korespondent PAN, od 1955 r. członek rzeczywisty PAN. Prezes PTCh w latach 1950 oraz 1968—70. W 1981 r. uzyskał honorowy tytuł doktora Politechniki Warszawskiej. W 1926 r. opisał po raz pierwszy w literaturze ,,efekt kanałowy", który w 30 lat później został przedstawiony przez Ahrensa w RFN jako nowość. Zbadał możliwość istnienia spinowej drogi detonacji stałych mieszanin wybuchowych (np. NH_4NO_3+TNT), którą jednocześnie opisał Cambell, lecz w odniesieniu do gazów. W latach 1935—36 U.T. zajmował się nitrowaniem parafin (alkanów) w fazie gazowej dwutlenkiem azotu w temperaturze 200—250°C; w tym samym czasie Hass w USA nitrował parami kwasu azotowego w temperaturze 400—450°C. Od 1947 r. pracował nad syntezą heterocykli z nitroalkanów. Od 1970 r. zajmował się badaniem elektronoakceptorowych własności estrów kwasu azotowego. Ponadto od 1967 r. prowadził badania nad tworzeniem się wolnych rodników w wyniku mechanicznego działania rozrywającego wiązania kowalencyjne (pierwsza publikacja w Nature nr 216, 1967 r.). Autor 505 artykułów oryginalnych oraz około 100 artykułów przeglądowych, 33 książek, przy czym monografia *Chemia i technologia materiałów wybuchowych* została przetłumaczona na języki: czeski, niemiecki, angielski i chiński. Promotor wielu prac doktorskich. Laureat kilku nagród państwowych. Wybitny autorytet w dziedzinie chemii mat. wybuch.

urządzenie pobudzające, detonujące, zespół elementów zapalnika, których zadaniem jest wywołanie wybuchu ładunku kruszącego, zawartego w pocisku (bombie, torpedzie itp.). Do elementów tych należą zwykle spłonka pobudzająca (detonująca), łącznik pobudzający i ładunek pobudzający (detonator).

utleniacz: 1) składnik mas pirotechnicznych i rakietowych materiałów miotających, dostarczający tlen niezbędny do spalania. Jako u. w masach pirotechnicznych używa się soli nieorganicznych, np. azotanów, chloranów i nadchloranów oraz tlenków i nadtlenków. Do rakietowych materiałów miotających wykorzystuje się ponadto kwas azotowy, nadtlenek wodoru, czteronitrometan itp.; 2) składnik rakietowego materiału pędnego utleniający paliwo, czyli substancja dostarczająca tlen do spalania paliwa w komorze silnika rakietowego na ciekły, stały i stało-ciekły materiał pędny. Najczęściej stosuje się ciekły tlen, nadtlenek wodoru, kwas azotowy, rzadziej czteronitrometan, ozon, dwutlenek chloru, kwas nadchlorawy, tlenek azotu, trójfluorek chloru, saletrę pota-

sową, nadchloran potasowy i amonowy, azotan sodowy itp.

uzbrojenie zapalnika, proces polegający na przemieszczeniu poszczególnych części i mechanizmów zapalnika, w wyniku czego staje się on gotowy do działania. U.z. może nastąpić m.in. pod wpływem sił bezwładności (powstających wskutek przyspieszeń osiowych i kątowych pocisku), ciśnienia hydrostatycznego lub aerodynamicznego, w wyniku przepływu prądu w urządzeniach elektromagnetycznych (np. na sygnał podany przez strzelającego), pod wpływem prostych czynności mechanicznych (np. wygięcie przetyczki zabezpieczającej). W wielu rodzajach amunicji (np. miny granaty ręczne) u.z. jest równoznaczne z jego gotowością do działania, natomiast w pociskach (torpedach, bombach) może nastąpić bezpośrednio po wylocie pocisku z lufy (zejściu z prowadnic), w pewnej odległości od działa (wyrzutni, samolotu), w chwili uderzenia o przeszkodę lub gdy pocisk znajdzie się w tzw. obszarze krytycznego zbliżenia z celem.

użyteczna praca gazów prochowych, część pracy produktów spalania prochu, która nadaje pociskowi właściwą energię kinetyczną; zwykle stanowi ona ok. 30% energii ładunku miotającego.

V

vibrogel, handlowa nazwa amerykańskiego specjalnego mat. wybuch. stosowanego w badaniach sejsmicznych.

vibronite, handlowa nazwa amerykańskiego specjalnego mat. wybuch. stosowanego w badaniach sejsmicznych.

Vieille, badacz, autor wielu nowatorskich prac w dziedzinie mat. wybuch. Opracował m.in. metodę pomiaru prędkości detonacji za pomocą chronografu *Le Boulangera;* bezpośredniego pomiaru ciśnienia w trakcie wybuchu przeprowadzanego w bombie manometrycznej; stwierdził, analizując gazy wybuchowe, że ich skład bywa różny w zależności od ciśnienia; prowadził pomiary prędkości powietrznej fali uderzeniowej wytwarzanej wybuchem. Jest wynalazcą procesu żelatynizacji nitrocelulozy.

viton A, marka tworzywa o nazwie kopolimer fluorku winylidenu i sześciofluoropropylenu, stosowanego w mieszaninach z silnymi mat. wybuch.

VV, w języku rosyjskim skrót terminu wzrïwczatoje wieszczestwo, czyli mat. wybuch.

W

wagowa próba trwałości, próba trwałości mat. wybuch. polegająca na oznaczeniu straty masy mat. wybuch. przez ogrzewanie danej próbki w temperaturze 50—115°C (najczęściej w temperaturze 75°C lub 95°C), następnie ważeniu jej po upływie określonego czasu (dla temperatury 75°C co 10 dni, dla temperatury 95°C co 1 dobę). Otrzymane wyniki procentowej straty ciężaru próbki, przedstawione w postaci krzywej na wykresie, ilustrują przebieg rozkładu mat. wybuch. w czasie. Dla prochów trwałych wyraźne załamanie krzywej, oznaczające wzrost szybkości rozkładu, nie powinno nastąpić wcześniej niż po 8—10 dobach.

Walczak Włodzimierz, ur. 1937 r., doktorat na temat badań wpływu kąta ustawienia płytek i ilości mat. wybuch. na niektóre własności, charakter i formowanie się połączeń stal—miedź, wykonanych wybuchowo (1968), praca habilitacyjna na temat warunków uzyskiwania złączy zgrzewanych wybuchowo o wysokiej wytrzymałości (1978). Specjalista w dziedzinie spawalnictwa i technologicznych zastosowań mat. wybuch. (wybuchowa obróbka metali). Autor 50 publikacji naukowych, 2 patentów, 50 nie opublikowanych prac naukowo-badawczych.

Walczyński Jan, ur. ok. 1890 r.—?, kapitan wojska austriackiego. Początkowo pracował w austriackiej fabryce prochu (przed I wojną świat.), kolejno przed 1927 r. podjął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach,* gdzie w latach 1926—27 sprawował funkcję kierownika fabryki prochów bezdymnych, w latach 1928—34 głównego chemika wytwórni. W 1934 r. objął stanowisko dyrektora technicznego nowo budowanej fabryki kwasu siarkowego i oleum w Kielcach. W okresie II wojny świat. przebywał w Anglii, po wojnie wrócił do kraju.

wasacord, lont detonujący produkowany przez niemiecką firmę *Wasag Chemie Sythen GmbH,* zawierający około 12 g nitropenty na 1 m bieżący.

Wasilewski Remigiusz, absolwent Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. Na początku lat trzydziestych podjął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach.* Od 1934 r. pełnił funkcję kierownika działu analitycznego w Centralnym Laboratorium w *PWP w Pionkach* aż do wybuchu II wojny świat.

Wesołowski Tadeusz, absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością mat. wybuch. (1931). W 1932 r. rozpoczął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* w dziale badawczym Centralnego Laboratorium, gdzie prowadził badania nad kruszącymi mat. wybuch. (heksogenem i pentrytem). W latach 1934—35 brał udział w budowie fabryki kwasu siarkowego i oleum w Kielcach, prowadzonej przez *PWP w Pionkach,* zaś w 1938 r. został przeniesiony na budowę nowej fabryki nitrozwiązków w Sarzynie. W czasie II wojny świat. został wywieziony do obozu koncentracyjnego w Hamburgu.

westfalit, handlowa nazwa niemieckiego mat. wybuch. o składzie: 91% NH_4NO_3, 4% KNO_3 i 5% żywicy.

wetter-carbonit C, handlowa nazwa mat. wybuch. produkowanego przez szwedzką firmę *Dynamit Nobel AG* o prędkości detonacji 1500 m/s, przy gęstości 1,2 g/cm^3, cieple wybuchu 361 kcal/kg, energii właściwej 335 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 624 l/kg.

wetter-devinit A, handlowa nazwa mat. wybuch. produkowanego przez niemiecką firmę *Wasag Chemie Sythen GmbH* o prędkości detonacji 1400 m/s przy gęstości 1,25 g/cm^3, cieple wybuchu 301,2 kcal/kg, cieple właściwym 191 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 337,1 l/kg.

wetter-energit B, handlowa nazwa mat. wybuch. produkowanego przez szwedzką firmę *Dynamit Nobel AG* o prędkości detonacji 1700 m/s przy gęstości 1,2 g/cm^3, cieple wybuchu 464 kcal/kg, energii właściwej 415 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 576 l/kg.

wetter-nobelit B, handlowa nazwa mat. wybuch. produkowanego przez szwedzką firmę *Dynamit Nobel AG* o prędkości detonacji 2600 m/s przy gęstości 1,6 g/cm^3, cieple wybuchu 678 kcal/kg, energii właściwej 500 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 510 l/kg.

wetter-roburit B, handlowa nazwa mat. wybuch. produkowanego przez niemiecką firmę *Wasag Chemie Sythen GmbH* o prędkości detonacji 1800 m/s przy gęstości 1,2 g/cm^3, cieple wybuchu 472 kcal/kg, energii właściwej 426 kJ/kg, objętości gazów 577 l/kg.

wetter-securit C, mat. wybuch. produkowany przez niemiecką firmę *Wasag Chemie Sythen GmbH* o prędkości detonacji 1500 m/s przy gęstości 1,18 g/cm^3, cieple wybuchu 387 kcal/kg, energii właściwej 355 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 542 l/kg.

wetter-wasagit B, mat. wybuch. produkowany przez niemiecką firmę *Wasag Chemie Sythen GmbH* o prędkości detonacji 2350 m/s przy gęstości 1,70 g/ /cm^3, cieple wybuchu 575 kcal/kg, energii właściwej 451 kJ/kg, objętości gazów wybuchowych 515 l/kg.

wieńce smołowe, środki zapalające rzucane ręcznie z bocianich gniazd na pokład nieprzyjacielskiego okrętu w chwili abordażu. W.s. stosowano w epoce okrętów żaglowych do wywoływania pożaru.

Wierzbicki Stanisław, wykształcenie politechniczne. W 1925 r. rozpoczął pracę w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Krywałdzie* na stanowisku kierownika Laboratorium Badawczego i Kontrolnego, następnie kierownika wydziału mat. wybuch. amonowo-saletrzanych. W 1935 r. został mianowany dyrektorem tejże fabryki. Specjalizował się głównie w dziedzinie mat. wybuch. saletrzano-amonowych, chloranowych i prochu czarnego.

Wilbrand, chemik, który w 1863 r. jako pierwszy otrzymał trójnitrotoluen.

Włodarczyk Edward, ur. 1935 r., absolwent Wojskowej Akademii Technicznej (1959), doktorat na temat rozprzestrzeniania się i odbicia jednowymiarowej fali uderzeniowej w ośrodku stałym i fali przestrzennej w cieczy barotropowej (1965), praca habilitacyjna na temat rozprzestrzeniania się i odbicia jedno- i dwuwymiarowych fal naprężenia w ośrodkach plastycznych (1969). Dziekan Wydziału Chemii i Fizyki Technicznej WAT, następnie zastępca komendanta WAT ds. naukowych. Członek Komitetu Mechaniki PAN, generał WP. Specjalista w dziedzinie zagadnień dynamicznych liniowej i nieliniowej teorii sprężystości i plastyczności, fizyki wybuchu. Współtwórca polskiej technologii zawiesinowych mat. wybuch. Autor ponad 200 prac publikowanych, współautor 2 monografii: *Drgania i fale* oraz *Problemy fizykochemii i dynamiki gruntów*. Laureat nagrody Polskiej Akademii Nauk im. Hubera (1972).

woda ciężka, woda, w której miejsce izotopu wodoru — protu — zajmuje deuter, tzn. izotop wodoru o liczbie masowej 2. W zwykłej wodzie w.c. występuje jedynie w około 0,015%. W.c. ma zastosowanie w technice jądrowej jako spowalniacz. Otrzymuje się ją ze zwykłej wody za pomocą

metod rozdzielania, opartych na wykorzystaniu różnic między atomami protu i deuteru.

„woda wybuchowa", mieszanina wybuchowa; receptę na sporządzenie jej podano w skryptach alchemicznych XV w. Składała się z mieszaniny kwasów: azotowego, siarkowego, solnego oraz smoły drzewnej. Manipulowanie tą ciekłą mieszaniną było bardzo nieporęczne i wkrótce zapomniano o niej.

wojna minowa, patrz podziemna walka minowa.

wojskowe zakłady przetwarzające, ze względu na charakter prowadzonych prac były ściśle związane ze służbą uzbrojenia. W myśl tymczasowej organizacji *służby uzbrojenia* sił zbrojnych z dnia 10 XII 1920 r. utworzono Departament V Uzbrojenia w Ministerstwie Spraw Wojskowych, któremu podlegały wszystkie organy i zakłady służby uzbrojenia w kraju i na froncie. Do Centralnych Zakładów Uzbrojenia zaliczano: centralne składy uzbrojenia, zbrojownie, wojskowe wytwórnie uzbrojenia, centralne szkoły inżynierii i techniki uzbrojenia. Istniało 5 zbrojowni: *Zbrojownia nr 1* w Warszawie, *Zbrojownia nr 3* w Brześciu Litewskim, *Zbrojownia nr 5* w Krakowie, *Zbrojownia nr 6* w Przemyślu, *Zbrojownia nr 7* w Poznaniu. Zajmowały się one wyrobem przedmiotów i części zapasowych do broni oraz wykonywaniem napraw wszelkiego rodzaju sprzętu artyleryjskiego i broni. Ponadto działały wojskowe wytwórnie służby uzbrojenia: *Warsztaty Amunicyjne* w Warszawie, *Warsztaty Amunicyjne* w Krakowie, *Warsztaty Amunicyjne* w Poznaniu, *Warsztaty Amunicyjne* w Toruniu, *Tymczasowe Warsztaty Amunicyjne* w Rudniku nad Sanem, *Tymczasowe Warsztaty Amunicyjne* w Krakowie, *Tymczasowe Warsztaty Amunicyjne* w Dęblinie, *Przetwórnia Materiałów Wybuchowych* w Bydgoszczy, *Wytwórnia Kapiszonów* w Toruniu, *Laboratorium Kapsli i Kapiszonów* w Warszawie, *Wytwórnia Łusek i Łódek Karabinowych* w Poznaniu, *Wytwórnia Zapalników* w Warszawie. 9 VIII 1921 r. została zatwierdzona przez Minist. Spraw Wojskowych „Organizacja Służby Uzbrojenia" na czas pokoju. W związku z tym wprowadzono pewne zmiany dotyczące nazw, lokalizacji itp. Zgodnie z postanowieniem tej organizacji istniały następujące zbrojownie: *Zbrojownia nr 1* w Brześciu Litewskim, *Zbrojownia nr 2* w Warszawie, *Zbrojownia nr 3* w Poznaniu, *Zbrojownia nr 4* w Krakowie (tymczasowo), *Zbrojownia nr 5* w Przemyślu. Największa była *Zbrojownia nr 2* w Warszawie, do której należało również prowadzenie badań, studiów i doświadczeń w zakresie uzbrojenia, a w związku z tym działały przy niej: komisja doświadczalna, laboratorium chemiczno-metalowe, laboratorium mechaniczne, specjalny personel odbiorców materiałów uzbrojenia. Ponadto istniały centralne zakłady przejściowe: *Wytwórnia Zapalników* w Warszawie, *Laboratorium Kapsli i Kapiszonów* w Warszawie, *Wytwórnia Łusek i Łódek Karabinowych* w Poznaniu, *Wytwórnia Kapiszonów* w Toruniu, *Tymczasowy Warsztat Amunicji* w Dęblinie, *Tymczasowy Warsztat Amunicji* w Rudniku, *Przetwórnia Materiałów Wybuchowych* w Bydgoszczy, *Centralna Kadra Warsztatów Reperacyjnych Materiałów Artyleryjskich Francuskich* w Warszawie, *Wytwórnia Amunicji Karabinowej* w Warszawie. W 1924 r. niektóre z tych instytucji zostały przekazane Centralnemu Zarządowi Wytwórni Wojskowych, wśród nich: *Wytwórnia Kapiszonów* w Toruniu, *Wytwórnia Zapalników* w Warszawie, *Przetwórnia Materiałów Wybuchowych* w Bydgoszczy. W październiku 1923 r. utworzono *Warsztaty Amunicji Specjalnej* — tymczasowo w Warszawie — jako samodzielny zakład centralny (nosiły nazwę: *Warsztaty Amunicyjne nr 1*). 15 XI 1925 r. nastąpiła reorganizacja, powstał *Warsztat Zakładu Amunicyjnego nr 1*. W grudniu 1925 r. zostały zmienione nazwy poszczególnych zakładów uzbrojenia: *Warsztat Zakładu Amunicyjnego nr 1* na *Zakład Amunicyjny nr 1*, *Warsztaty Amunicyjne nr 2* na *Zakład Amunicyjny nr 2*, *Warsztaty Amunicyjne* w Krakowie na *Zakład Amunicyjny nr 4* w Krakowie.

Z dniem 2 I 1926 r. wprowadzono nową organizację *Zakładu Amunicyjnego nr 1*, w skład którego weszły: kierownictwo (na forcie Bema), warsztaty, składnica (Cytadela, fort Bema). Podobnie zreorganizowano *Zakłady Amunicyjne nr 2* w Poznaniu i *nr 4* w Krakowie. Zgodnie z przepisem o administracji w.z.p. z dniem 28 VII 1928 r. ustalono następujące zakłady przetwarzające służby uzbrojenia: *Zbrojownia nr 1* w Brześciu nad Bugiem, *Zbrojownia nr 2* w Warszawie, *Zbrojownia nr 3* w Poznaniu, *Zbrojownia nr 4* w Krakowie, *Zbrojownia nr 5* w Przemyślu. W 1929 r. nadano charakter zakładu przetwarzającego *Centralnemu Zakładowi Balonowemu*. Kolejne zmiany organizacyjne w.z.p. nastąpiły w czerwcu 1931 r. Organem kierowniczym tego zakładu z ramienia ministra spraw wojskowych był szef Departamentu Uzbrojenia Minist. Spraw Wojskowych. Zasadniczo tworzyły one 3 działy odpowiednio rozbudowane: 1) dział broni obejmujący: *Zbrojownię nr 2* w Warszawie, *Zbrojownię nr 4* w Krakowie, *Zbrojownię nr 5* w Przemyślu; 2) dział amunicji: *Warsztaty Amunicyjne nr 1* w Warszawie, Kadrę *Warsztatu Amunicyjnego nr 2* w Poznaniu, Kadrę *Warsztatu Amunicyjnego nr 3* w Toruniu; 3) dział materiałów obrony przeciwgazowej obejmujący: *Warsztaty Napraw Sprzętu Przeciwgazowego* w Zegrzu, *Wojskową Wytwórnię Sprzętu Przeciwgazowego* w Radomiu. Z dniem 1 II 1932 r. zgodnie z rozkazem ministra spraw wojskowych ustanowiono *Wojskowy Zakład Pirotechniczny* o charakterze w.z.p. podległy Departamentowi Uzbrojenia Minist. Spraw Wojskowych. 1 X 1933 r. w Departamencie Uzbrojenia Minist. Spraw Wojskowych ustanowiono inspekcję w.z.p. 31 VII 1935 r. nastąpiła kolejna reorganizacja i przemianowanie zakładów przetwarzających służby uzbrojenia: Kadra *Zbrojowni nr 4* na Kadrę *Zbrojowni nr 1*, Kadra *Zbrojowni nr 5* na Kadrę *Zbrojowni nr 3*, *Warsztaty Amunicyjne nr 1* na *Wytwórnię Amunicji nr 1*, *Wojskowy Zakład Pirotechniczny* na *Wytwórnię Amunicji nr 2*, *Wojskowa Wytwórnia Rakiet* na *Wytwórnię Węgla Aktywnego*.

Wolański Piotr, ur. 1942 r., doktorat na temat stabilizacji płomienia mieszaniny powietrza i pyłu węglowego ciałami niezapłonowymi (1971 r.), praca habilitacyjna dotycząca dynamiki zapłonu mieszanin gazowych (1979 r.). Specjalista w dziedzinach: zapłonu, rozprzestrzeniania się płomieni, określania zakresów wybuchowości, dynamiki rozwoju wybuchów, detonacji oraz problemów zapobiegania i zwalczania wybuchów mieszanin gazowych i heterogenicznych. Autor ponad 40 publikacji z zakresu wybuchowości, współautor, współinicjator i współorganizator krajowych szkół wybuchowości pyłów przemysłowych. Członek Prezydium Komitetu Naukowo-Technicznego NOT ds. Techniki Przeciwpożarowej i Przeciwwybuchowej.

Wolski Leonard, ur. 1914 r., docent na Politechnice Warszawskiej od 1974 r. Specjalista w dziedzinie balistyki wewnętrznej, szczególnie balistyki wewnętrznej broni bezodrzutowej. Autor kilkunastu publikacji, współautor kilku patentów.

Woodhead, amerykański badacz, który w 1931 r. wraz z A. Peymanem opublikował pracę opisującą wpływ cząsteczek stałych (twardych) niesionych przez produkty wybuchu na wielkość przebicia kumulacyjnego.

Woźniak Edward, ?—1974, absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością masy pirotechniczne (1936), doktorat w 1968 r. Wykładowca w Wojskowej Akademii Technicznej z zakresu zagadnień pirotechnicznych. Przed II wojną świat. pracował w *Zakładzie Amunicyjnym nr 1* (fort Bema w Warszawie), gdzie zajmował się badaniami wojskowych środków pirotechnicznych (rakiety, pociski sygnalizacyjne, środki dymotwórcze). Po wojnie prowadził badania wieloskładnikowych paliw rakietowych (masy pirotechniczne).

Wójcicki Stanisław, ur. 1922 r., pracę doktorską obronił w 1955 r., w 1957 mianowany docentem, w 1962

prof. nadzwyczajnym, w 1973 prof. zwyczajnym na Politechnice Warszawskiej. Specjalista w dziedzinie silników lotniczych, silników wysokoprężnych, gazodynamiki spalania, detonacji mieszanin dwufazowych oraz teorii spalania. Wieloletni kierownik Katedry, a następnie Zakładu Silników Lotniczych Politechniki Warszawskiej. W drugiej połowie lat sześćdziesiątych zorganizował Laboratorium Spalania przy Katedrze Silników Spalinowych, Przemysłowych i Lotniczych, którego jest kierownikiem. W latach siedemdziesiątych nawiązał współpracę z Uniwersytetem Michigan w Ann Arbor (USA) oraz Uniwersytetem Waterloo w Kanadzie, gdzie kilkakrotnie pełnił funkcję wykładowcy. Był przewodniczącym sekcji spalania Komitetu Termodynamiki i Spalania PAN, przewodniczącym polskiej sekcji Instytutu Spalania w Pitsburgu (USA), redaktorem kwartalnika *Archivum Combustions*, wydawanego wspólnie przez Polską i Radziecką Akademię Nauk. Inicjator 7 międzynarodowych sympozjów na temat spalania. Autor 3 książek, w tym monografii *Spalanie* oraz kilkudziesięciu publikacji z różnych dziedzin spalania.

wrażliwość materiału wybuchowego, zdolność mat. wybuch. do przemiany wybuchowej pod wpływem bodźców zewnętrznych, do których należą czynniki cieplne (ogrzewanie przeponowe, bezpośrednie działanie płomienia), elektryczne (żarzenie mostkowe, wyładowanie elektryczne) lub energia wybuchu innego mat. wybuch. Miarą w.m.w. jest najmniejsza ilość danego rodzaju energii, podanej z zewnątrz, zwanej bodźcem pobudzenia, potrzebna do zapoczątkowania reakcji wybuchowej. W.m.w. zależy od budowy chemicznej danego rodzaju mat. wybuch. i może zmieniać się w zależności od rodzaju bodźca i własności fizycznych: temperatury, gęstości, rodzaju formy krystalicznej dla substancji polimorficznych, wielkości kryształów i stanu skupienia. Wprowadzenie domieszek o wysokiej temperaturze topnienia i twardości przewyższającej twardość mat. wybuch., np.: piasku, szkła, opiłków metalowych, powoduje wzrost, zaś substancji zwanych flegmatyzatorami (woda, parafina, cerezyna, wosk itd.) obniżenie w.m.w. na bodźce mechaniczne. W technice stosuje się tylko te mat. wybuch., których wrażliwość mieści się w

Wrażliwość niektórych mat. wybuch. kruszących na uderzenia

Rodzaj mat. wybuch.	Liczba wybuchów przy spadku ciężarka 10 kg z wysokości 25 cm (%)	Wysokość spadku ciężarka 2 kg powodującego wybuch (cm)
Trotyl	4—8	100
Amatole	20—30	—
Kwas pikrynowy	24—32	80
Tetryl	44—52	40
Heksogen	72—80	30—32
Heksogen flegmatyzowany	28—32	—
Prochy bezdymne	40—80	—
Oktogen	72—80	—
Oktogen flegmatyzowany	36	—
Pentryt	100	17
Dwunitroglikol	100	10—12
Nitrogliceryna	100	4

Wrażliwość niektórych mat. wybuch. inicjujących

Rodzaj mat. wybuch.	Temperatura pobudzenia (°C)	Wrażliwość na uderzenie		
		masa (kg)	granica (cm)	
			górna	dolna
Piorunian rtęci	175—180	0,69	8,5	5,5
Tetrazen	140	0,69	12,5	7,0
Azydek ołowiu	330—348	0,98	23,0	7,0
Trójnitrorezorcynian ołowiu	275	1,43	25,0	14,0

Wrażliwość niektórych mat. wybuch. na bodziec wybuchowy

Rodzaj mat. wybuch.	Graniczny ładunek inicjujący (g)	
	piorunian rtęci	azydek ołowiu
Trotyl	0,36	0,09
Kwas pikrynowy	0,30	0,025
Tetryl	0,29	0,025
Heksogen	0,19	0,05
Pentryt	0,17	0,01—0,02

określonych granicach, aby nie stwarzać niebezpieczeństwa podczas produkcji, magazynowania i użytkowania ich, ale jest na tyle duża, że do pobudzenia nie trzeba stosować mocnych bodźców. Oznaczenie w.m.w. polega na pomiarze wielkości danego bodźca w ściśle określonych warunkach. W.m.w. na ogrzewanie określa się temperaturą pobudzenia, przy której następuje samorzutny rozkład badanej próbki. W.m.w. na bodźce mechaniczne (uderzenie) oznacza się za pomocą przyrządów zwanych kafarami. Dla inicjujących mat. wybuch. określa się maksymalną wysokość, z jakiej spada ciężarek o określonej masie, przy której nie występuje jednocześnie wybuch, oraz minimalną wysokość, przy której występuje 100% wybuchów próbek badanego mat. wybuch. Natomiast w przypadku kruszących mat. wybuch. określa się procent wybuchów z 25 prób, w których ciężarek o masie 10 kg spada z wysokości 25 cm. W.m.w. na bodziec wybuchowy określa się ilością inicjującego mat. wybuch. zaprasowanego pod ciśnieniem 500 kG/cm², potrzebną do wywołania detonacji badanego mat. wybuch. zaprasowanego pod ciśnieniem 1000 kG/cm². Próba służy zarazem do oznaczenia zdolności pobudzającej inicjujących mat. wybuch.

Wroński Jerzy, ur. 1911 r., absolwent Politechniki Warszawskiej (1936), specjalista w dziedzinie elektrycznych urządzeń przeciwwybuchowych. Autor 25 publikacji naukowych, 23 patentów.

współczynnik gazów prochowych, patrz kowolumen.

współczynnik masy ładunku, stosunek masy prochowego ładunku miotającego do sześcianu kalibru lufy. Charakteryzuje on moc broni palnej. Stosuje się go w obliczeniach balistyki wewnętrznej i do celów porównawczych.

wtórne materiały wybuchowe, patrz mat. wybuch. kruszący.

W-verfahren, patrz heksogen.

wybuch, zespół zjawisk związanych ze skokowym wzrostem, aż do wysokich wartości, ciśnienia gazów oraz z wykonaniem pracy mechanicznej przez gwałtowne rozprężenie tych gazów, w wyniku czego następuje przemieszczenie lub zniszczenie ośrodka otaczającego miejsce w. Początkowe stadium w. stanowi bardzo szybka fizyczna lub chemiczna przemiana materii, czemu towarzyszy wyzwolenie znacznej ilości energii w postaci silnie sprężonych substancji wyjściowych lub produktów gazowych powstałych w czasie przemiany, albo gazów z ośrodka w. W zależności od rodzaju energii początkowej w. dzieli się na: 1) fizyczne, np. rozerwanie kotła parowego lub butli ze sprężonym gazem; wśród nich wyróżnia się w. elektryczne, wywołane gwałtowną zmianą stanu skupienia materiału przewodnika elektrycznego (drut, folia, film metalowy) w wyniku przepływu przez niego silnego prądu i w rezultacie joulowskiego nagrzewania materiału przewodnika. Powoduje to stopienie lub wyparowanie materiału przewodnika elektrycznego, wraz z dalszym rozprężaniem się powstałej pary metalu analogicznie do rozprężania się produktów wybuchu chemicznego; 2) chemiczne, powstałe w wyniku bardzo szybkiej reakcji chemicznej mat. wybuch. z jednoczesnym wydzielaniem dużej ilości ciepła i produktów gazowych; 3) jądrowe, powstałe na skutek niekontrolowanej reakcji łańcuchowej rozszczepienia jąder atomów ciężkich lub

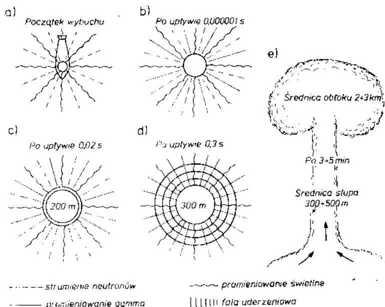
syntezy jąder atomów lekkich. Zasięg i efektywność działania niszczącego w. zależy od: ogólnej ilości wyzwolonej energii, szybkości jej wydzielania i koncentracji w jednostce objętości. Czynnikiem tego działania są rozprężające się gazy poruszające się z dużą prędkością (w bezpośrednim otoczeniu wybuchu) oraz wytworzona w ośrodku otaczającym w. fala uderzeniowa (skok ciśnienia), przemieszczająca się początkowo z prędkością ponaddźwiękową, przechodzącą po utracie energii w falę akustyczną. W zależności od ośrodka, w którym następuje w., rozróżnia się w. powietrzny, naziemny (nawodny), podziemny i podwodny.

wybuch autokatalityczny, ściślej autokatalityczno-cieplny, występuje wówczas, gdy przyspieszenie reakcji jest skutkiem nagromadzenia ostatecznych lub pośrednich produktów reakcji, które katalizują przemianę substancji wyjściowej. Po osiągnięciu przewagi wytwarzanego ciepła nad odprowadzanym następuje przespieszenie cieplne kończące się wybuchem.

wybuch cieplny, forma wybuchu jako skutek samoprzyspieszającej się reakcji chemicznej; opisany był przez Vant Hoffa (1884) w sposób następujący: jeśli jednorazowo ogrzać naczynie z gazem obojętnym w pewnym miejscu, to ciepło będzie rozprzestrzeniać się od warstwy do warstwy gazu, przy czym w każdej następnej warstwie temperatura będzie niższa, gdyż ciepło rodzzielać się będzie na coraz większe ilości gazu. Jeśli ogrzanie miejscowe spowodować w gazie zdolnym do reakcji, zapoczątkowując przez to reakcję, to przy ogrzaniu umiarkowanym wystąpi także spadek temperatury ogrzania od warstwy do warstwy, lecz bardziej powolny, gdyż ilość ciepła będzie zwiększać się przez ciepło reakcji. Wreszcie przy silnym ogrzaniu mieszaniny gazowej zdolnej do reakcji egzotermicznej szybkości reakcji, a więc i wydzielania się ciepła, muszą stać się tak duże, że temperatura będzie zwiększała się od warstwy do warstwy i reakcja w warstwie ulegnie przyspieszeniu aż do wystąpienia samozapłonu czy wybuchu. Najniższa temperatura ogrzania, która powoduje zjawisko samoprzyspieszania reakcji, jest temperaturą zapłonu układu wybuchowego. Jest ona uzależniona od szeregu czynników oddziałujących na przebieg reakcji i przenoszenie ciepła, występujących zarówno w naczyniu reakcyjnym, jak i na zewnątrz. Zjawisko wybuchu cieplnego opracował ilościowo N. N. Siemionow (1916): jeśli reakcja egzotermiczna (np. reakcja spalania) przebiega w zbiorniku zamkniętym, ilość ciepła odpływająca do przestrzeni otaczającej zbiornik może być mniejsza niż ciepło reakcji. Będzie to powodowało samoogrzewanie mieszaniny reakcyjnej, a tym samym wzrost szybkości reakcji. Taki układ cykliczny: nadmiar ciepła powstającego w zbiorniku — podwyższenie temperatury mieszaniny — przyspieszenie reakcji, a więc i wytwarzanie ciepła, oraz zwiększenie ilości ciepła w mieszaninie itd. prowadzi do przejścia reakcji w niestacjonarną, samoprzyspieszającą się, aż do zapłonu lub wybuchu termicznego. Na podstawie podanych przez N. N. Siemionowa kryteriów stwierdzono czysto termiczny mechanizm przyspieszenia reakcji i wybuchu dla wielu substancji oraz mieszanin zdolnych do reakcji egzotermicznych, a także dla takich skondensowanych mat. wybuch. jak nitroceluloza i heksogen.

wybuch jądrowy, nadzwyczaj szybkie wydzielanie ogromnej ilości energii w wyniku reakcji jądrowej, jaka przebiega w ładunku jądrowym. Do wywołania w.j. może być wykorzystana łańcuchowa reakcja rozszczepienia ciężkich jąder, termojądrowa reakcja syntezy lekkich jąder lub reakcja rozszczepienia naturalnego uranu pod wpływem szybkich neutronów, powstających podczas termojądrowej reakcji syntezy. Moc w.j. zależy od ogólnej ilości energii, wydzielanej podczas reakcji jądrowej, i może wynosić 10^{8}—10^{12} kcal, a nawet więcej. Wskutek błyskawicznego wydzielania tak wielkiej ilości energii w niewielkiej objętości, koncentracja energii podczas w.j. do-

chodzi do dziesiątków milionów kalorii na cm², a temperatura w strefie reakcji do dziesiątków milionów stopni, co powoduje gwałtowny wzrost ciśnienia do miliardów atmosfer. W momencie w.j. wskutek bardzo wysokiej temperatury powstaje oślepiająco jasna kula ognista, która składa się z rozżarzonych par i gazów. Promień tej kuli szybko się powiększa pod wpływem dużej prędkości rozprzestrzeniania się fali uderzeniowej od środka wybuchu jądrowego, a jednocześnie temperatura jej gwałtownie spada. Przy w.j. o mocy 20 000 t trotylu promień kuli ognistej po upływie 10^{-6} s wynosi około 15 m, a temperatura 300 000°C; po upływie 0,015 s powiększa się do 100 m, a temperatura maleje do 5000—7000°C; po upływie 1 s osiąga maksymalne rozmiary (promień około 150 m). Kula ognista w.j. szybko unosi się do góry na skutek rozrzedzenia. Porywając za sobą pył z powierzchni przybiera charakterystyczny kształt grzyba. Rozróżnia się w.j. powietrzne, naziemne, podziemne i podwodne. Użycie odpowiedniego wybuchu zależy od znaczenia i rodzaju rażonego obiektu. Moc w.j. określa się za pomocą równoważnika trotylowego. Rozróżnia się w.j. małej mocy (kilka kt), średniej mocy (od kilku do kilkudziesięciu kt) i dużej mocy (setek i tysięcy kt). Podczas w.j. występuje jednocześnie rażące działanie fali uderzeniowej, promieniowania cieplnego i promieniowania przenikliwego, powodujące kombinowane porażenia ludzi (urazy, kontuzje, oparzenia, chorobę popromienną) oraz możliwość wystąpienia porażeń w ciągu długiego okresu czasu po wybuchu jądrowym, wskutek skażenia terenu substancjami promieniotwórczymi. Około 40—60% całkowitej energii w.j. przypada na falę uderzeniową, około 30—40% na promieniowanie świetlne, około 10% na

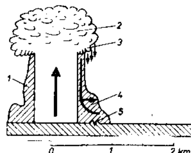


Rozwój wybuchu jądrowego:
a, b, c, d — kolejne fazy wybuchu, e — grzyb atomowy

skażenia promieniotwórcze i około 5% na promieniowanie przenikliwe. Zwiększenie mocy w.j. powoduje wzrost promieniowania stref działania rażącego oraz zmiany w znaczeniu każdego z czynników rażących. Przy w.j o mocy kilku kt promień strefy rażenia nie ukrytych ludzi zależy od promieniowania przenikliwego; przy wybuchu o większej mocy znaczenie promieniowania przenikliwego maleje, wzrasta natomiast znaczenie promieniowania świetlnego i fali uderzeniowej. Najbardziej typowe kombinowane porażenie ludzi może wystąpić przy w.j. o średniej mocy. Specyficzny jest w.j. przeprowadzany w stratosferze, podczas którego promień rażenia załóg samolotów przez promieniowanie gwałtownie wzrasta w porównaniu z wybuchem jądrowym naziemnym (wskutek mniejszego pochłaniania kwantów γ i strumienia neutronów w bardzo rozrzedzonej atmosferze). Bardzo groźnym czynnikiem rażącym w.j. jest skażenie promieniotwórcze terenu i powietrza, które najsilniej występuje przy wybuchu naziemnym. W wyniku przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono, że przy tego rodzaju wybuchach ogólna ilość pyłu promieniotwórczego w powietrzu i na powierzchni ziemi bardzo powiększa się. W glebie wzrasta stężenie biologiczne niebezpiecznych izotopów promieniotwórczych, które dostają się do organizmów różnymi drogami, głównie z żywnością. Fala uderzeniowa w.j. powoduje mechaniczne uszkodzenie i zniszczenie budynków, fortyfikacji oraz sprzętu wojskowego, natomiast promieniowanie świetlne — powstanie pożarów i oparzenia ciała. Od 1963 r. ZSRR i USA nie przeprowadzają doświadczalnych w.j. w atmosferze. Wybuchy podziemne, które nie są objęte zakazem, wykorzystuje się do sporządzania podziemnych zbiorników, wykonywania robót ziemnych i innych prac o charakterze pokojowym.

wybuch jądrowy naziemny, wybuch jądrowy wykonany na powierzchni ziemi lub na niewielkiej wysokości nad nią w ten sposób, że kula ognista wybuchu styka się z jej powierzchnią. Przy tego rodzaju wybuchach następuje bardzo silne skażenie substancjami promieniotwórczymi, które wchodzą w skład amunicji jądrowej oraz powstają w rejonie wybuchu pod wpływem neutronów. Jednocześnie wyrzucone w powietrze substancje promieniotwórcze, przenoszone przez prądy powietrza, mogą spowodować bardzo silne skażenie promieniotwórcze dużych obszarów, nad którymi przesuwa się obłok promieniotwórczy powstający po wybuchu. Trwałość skażenia w rejonie wybuchu, zależna od charakteru gleby oraz rodzaju amunicji jądrowej, może wahać się od kilku miesięcy do wielu lat.

wybuch jądrowy podwodny, wybuch jądrowy przeprowadzany pod wodą, w znacznym stopniu absorbujący energię promieniowania przenikliwego i świetlnego. W wodzie z rozpalonych gazów i pary wodnej tworzy się pęcherz gazowy, który unosi się w górę, pęka i tworzy w wodzie lej o średnicy około 600 m. Wokół leja powstaje cylindryczny słup wody o wysokości około 2 km i grubości ścian do kilkudziesięciu metrów. Opadający słup wody tworzy „falę u podstawy", która jest bardzo niebezpieczna dla okrętów nawodnych. W wodzie natychmiast po w.j.p. rozchodzi się fala wodna o dużej sile uderzeniowej i wysokości do kilkudziesięciu metrów, która może spowodować poważne usz-



Schemat podwodnego wybuchu jądrowego: 1 — słup wody, 2 — obłok, 3 — woda opadająca z obłoku, 4 — fala u podstawy, 5 — fala na powierzchni wody

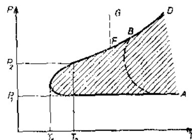
kodzenia okrętów podwodnych, podwodnych części okrętów nawodnych oraz morskich urządzeń brzegowych. Woda w pobliżu tego wybuchu ulega silnemu skażeniu promieniotwórczemu, które jednak szybko się zmniejsza.

wybuch jądrowy powietrzny, wybuch jądrowy przeprowadzany nad powierzchnią ziemi. Wysokość w.j.p. umożliwiająca osiągnięcie największej skuteczności bojowej nazywana jest skutecznością optymalną. Zależy ona od mocy ładunku jądrowego. Dla wysokich w.j.p. bomb jądrowych o równoważniku trotylowym 20 kt wysokość ta wynosi około 600 m, dla niskich wybuchów około 200 m.

wybuch łańcuchowy, typ reakcji wybuchowej. Reakcje łańcuchowe zostały odkryte i opracowane kilkadziesiąt lat temu przez N. N. Siemionowa i Hintschelwooda. Teorię reakcji łańcuchowej można w skrócie przedstawić następująco. Szybkość reakcji chemicznej uzależniona jest od liczby biorących w niej udział cząsteczek, posiadających energię co najmniej równą energii aktywacji. Przy każdej elementarnej reakcji egzotermicznej wydziela się energia E+Q. Bezpośrednio po wystąpieniu takiej reakcji wydzielana energia mieści się w stosunkowo niewielkiej liczbie cząsteczek produktów reakcji. Cząsteczki te, po zderzeniu z normalnymi cząsteczkami, mogą je aktywizować kosztem swojej dużej energii, czyniąc je przez to aktywnymi, tzn. zdolnymi do reakcji, po której z kolei powstają analogicznie nowe cząsteczki aktywne, przy czym liczba ich może być znacznie większa niż wynikałoby to z podziału Maxwella-Boltzmanna. Inaczej mówiąc, jeden przypadek wystąpienia elementarnej reakcji początkowej może wywołać łańcuch reakcji, w którym jedna wywołuje drugą, przy czym długość łańcucha może być bardzo duża. W łańcuchu takim ogólna szybkość reakcji określana jest nie przez liczbę cząstek aktywnych występujących zgodnie z podziałem Maxwella-Boltzmanna, lecz przez warunki rozwoju reakcji według mechanizmu łańcuchowego. W normalnych warunkach przebiegu reakcji aktywacja nadmiaru energii kinetycznej cząsteczek lub energii wzbudzenia nie może utworzyć łańcucha o znacznej długości, gdyż nadmiar energii szybko rozprasza się przez zderzenia. Natomiast cząsteczki aktywne na skutek energii chemicznej (atomy, wolne rodniki itp.) przy zderzeniu z dowolną cząsteczką nie mogą oddawać nadmiaru energii utajonej w nich i dlatego zachowują ją do zderzenia z cząsteczką, z którą mogą reagować. Wyróżnia się reakcje łańcuchowe nie rozgałęziające się i reakcje łańcuchowe rozgałęziające się. Szybkość reakcji łańcuchowej nie rozgałęziającej się jest zawsze stała. Jednym z pierwszych historycznie przykładów takiej reakcji jest powstanie chlorowodoru o niezwykle dużej wydajności kwantowej. Występują także reakcje łańcuchowe, których szybkość nie jest stała, lecz wzrasta aż do wybuchu. Dzieje się tak wtedy, gdy w czasie cyklu reakcji z jednego ogniska aktywnego powstaje więcej niż jedno ognisko aktywne. Przykładem tego typu reakcji jest reakcja wodoru z tlenem, której schemat jest następujący:

1. $H_2 + M \rightarrow 2H + M$
2. $H + O_2 \rightarrow OH + H$
   $E_2 = 18$ kcal/mol
3. $O + H_2 \rightarrow OH + H$
   $E_3 = 6$ kcal/mol
4. $OH + H_2 \rightarrow H_2O + H$
   $E_4 = 10$ kcal/mol

Pełny cykl łańcucha składa się z (2)+(3)+2(4) ogniw łańcucha. Jeżeli



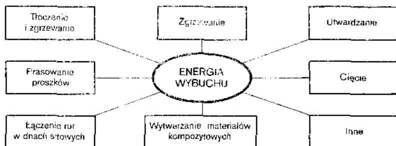
Powierzchnia samozapłonu mieszaniny wodoru z tlenem

ogniwa te dodamy stronami do siebie, otrzymamy: $H + 3H_2 + O_2 \rightarrow 3H + 2H_2O$. Wynika z tego, że jeden atom (ognisko aktywne) wodoru po zakończeniu cyklu wytwarza trzy atomy aktywne wodoru. Oczywiście w następnym cyklu z 3 atomów powstaje 9 itd. Liczba ognisk aktywnych wzrasta lawinowo, a przez to i szybkość reakcji, kończąc się samozapłonem czy wybuchem łańcuchowym. Rozgałęziająca się reakcja łańcuchowa nie powoduje natychmiastowego wybuchu. Wybuch poprzedzany jest krótszym lub dłuższym okresem indukcji, w którym reakcja przebiega jako stacjonarna. W okresie indukcji wytwarza się odpowiednie stężenie ognisk aktywnych. Okres indukcji może być skrócony lub wydłużony.

wybuchowa obróbka metali, technologiczny sposób obróbki metali, w szczególności bardzo twardych materiałów i trudnotopliwych stopów, które nie poddają się obróbce metodami *tradycyjnymi*. *W ostatnich latach wybuch* wykorzystuje się w zakładach budowy maszyn i urządzeń oraz do obróbki metali. Znane dotychczas sposoby zastosowań energii wybuchu chemicznego do obróbki metali przedstawiono w postaci graficznej.

wybuchowe burzenie mostów i budynków, tradycyjny i bardzo efektywny sposób burzenia mostów stosowany jest w szerokim zakresie w czasie wojny. W warunkach pokojowych stosuje się go również, lecz stawia się większe wymagania. Niedopuszczalne jest np. stosowanie ładunków mat. wybuch. usytuowanych zewnętrznie. Po wybuchu nie może nastąpić niebezpieczny rozlot odłamków, silne drgania sejsmiczne lub silne fale powietrzne. Ponieważ mosty znacznie różnią się konstrukcją, dlatego stosuje się wiele metod ich burzenia. Przed wyborem odpowiedniej metody pobudzania ładunków mat. wybuch. trzeba przeprowadzić oględziny mostu. Burzyć można od razu na możliwie wiele małych bryl lub prowadzić prace etapami, równocześnie usuwając urobek. Burzące działanie wybuchu często wykorzystywane jest również przy restaurowaniu miast. Służy ono likwidacji starych budynków, fundamentów, kominów i innych budowli. Główna trudność polega na tym, że obiekty zakwalifikowane do likwidacji znajdują się zazwyczaj w niebezpiecznie bliskim sąsiedztwie budynków mieszkalnych lub zakładów pracy.

wybuchowe cięcie bloków metalowych, *w zakładach produkcyjnych* zdarzają się wyroby wadliwe. W przemyśle hutniczym odlewa się wielkie bloki metalu o masie do 80—100 t. Powstające wady odlewu nie mogą spowodować jego bezpowrotnej straty. Tak dużą ilość cennego surowca należy odzyskać w celu ponownego przetopienia. Powstaje problem pocięcia bloku metalu na kawałki odpowiadające wymiarom wsadu hutniczego oraz trudności związane z brakiem możliwości wykonania tego w miejscu wytworzenia bloku metalu. Nawet chcąc go prze-



Formy zastosowań energii wybuchu



Przecięta płyta wiaduktu

transportować (ogromny ciężar skupiony) należy wówczas podjąć się wykonania specjalnego unikalnego *oprzyrządowania platform transportowych*. Bardzo dobrym rozwiązaniem problemu jest zastosowanie energii mat. wybuch. W przypadku wlewków hutniczych o polu przekroju poprzecznego 0,7 m^2 nawierca się otwór i centralnie wewnątrz wlewka umieszcza skupiony ładunek mat. wybuch. Stosuje się to tylko przy mniejszych blokach metalowych. Metoda cięcia gazowego, tzw. *lancą gazową*, stosowana niekiedy do cięcia bloków mniejszych, w przypadku większych bloków ekonomicznie jest nieuzasadniona ze względu na koszt transportu i zużycia ogromnych ilości tlenu. Rozwiązanie przyniosła metoda opracowana przez autora niniejszego słownika wraz z grupą współpracowników Instytutu Fizyki *Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy im.* S. Kaliskiego w Warszawie. Polega ona na umieszczeniu ładunków wybuchowych wewnątrz bloku metalowego, w płaszczyźnie cięcia. Do danego punktu przekroju cięcia ładunek wprowadzany jest przez otwór strzałowy wykonany dowolnym sposobem, np. wypalenie tlenem. Energetyczne kryterium przecięcia stanowi doświadczalnie ustalona norma zużycia minimum 1,6 kg mat. wybuch. o prędkości detonacji powyżej 6,5 km/s na 1 m^2 płaszczyzny cięcia bloku metalowego. Mat. wybuch. powinien być równomiernie rozmieszczony w



Zdemontowane przęsło wiaduktu

minimum sześciu punktach równo oddalonych od siebie i powierzchni swobodnej bloku. Po nawierceniu otworów na stanowisku wypalania blok metalowy transportowany jest na stanowisko strzałowe usytuowane w pobliżu. Ładunki mat. wybuch. pobudzane są za pomocą elektrowybuchowego układu do detonowania zapalników elektrycznych (wzór użytkowy w Urzędzie Patentowym PRL nr 25122, opracowany przez Mikołaja Korzuna), bądź układu lontów detonujących o małym rozrzucie. W rezultacie wielu zderzeń i odbić fal uderzeniowych wewnątrz bloku metalowego uzyskuje się zerwanie wiązań materiałowych w płaszczyźnie cięcia, czyli założenia ładunków. Widok płaszczyzn po cięciu wybuchowym pokazano na zdjęciach (patrz tablice).

wybuchowe cięcie szyn kolejowych, jedna z wielu stosowanych w przemyśle technologii, wykorzystujących energię wybuchu mat. wybuch. W.c.sz.k. można przeprowadzić stosując tzw. wydłużony ładunek kumulacyjny lub skupione ładunki kontaktowe (tzn. przylegające do powierzchni obciążanego wybuchowo elementu), wykonane z silnych mat. wybuch. kruszących. Lepsze pod względem ekonomicznym wyniki uzyskuje się stosując ładunki skupione. Metoda ta jest mało pracochłonna, opłacalna i nie wymaga nakładów inwestycyjnych. Ponadto umożliwia wykonanie cięcia wszystkich metali zdecydowanie szybciej w porównaniu z innymi metodami (np. gazowego cięcia przy wykorzystaniu gazów technicznych).

wybuchowe domieszkowanie kryształów, sposób przenoszenia atomów powłok do wnętrza kryształu. W trakcie przejścia fali uderzeniowej przez stykające się ośrodki (np. powłoka — kryształ) następuje częściowe przenoszenie atomów powłok do wnętrza kryształu, przy czym atomy powłoki zatrzymywane są w węzłach sieci.

wybuchowe formowanie pali betonowych, sposób wybuchowego formowania pali nośnych z poszerzoną stopą dla potrzeb budownictwa podał w 1961 r. uczony radziecki A. Ługa na V Międzynarodowym Kongresie Mechaniki Gruntów i Fundamentowania. Pale takie otrzymuje się przez wypełnienie płynnym betonem jamy powybuchowej, utworzonej u podstawy pala. Metoda jest bardzo prosta i pozwala uzyskać znaczne efekty ekonomiczne. Pale takie znalazły szerokie zastosowanie w różnych rodzajach fundamentowania, a szczególnie przy budowie wielkich mostów. Praktykowana średnica pala wynosi około 0,4 m przy średnicy stopy 0,8—1,6 m. Przybliżona oszczędność w skali rocznej wynikająca ze stosowania tej metody wynosi 40 mln zł.

wybuchowe fragmentowanie parowozów, sposób fragmentowania złomowanych parowozów. Technologia w.f.p. wdrażana przez autora niniejszego słownika polegająca na tym, że operacje niemożliwe do wykonania metodą gazową lub wymagające dużego nakładu sił i środków przeprowadza się za pomocą energii wybuchu; są to: zrzucanie kabiny maszynisty, przecinanie blach tendra, przecinanie wewnętrznych i zewnętrznych blach skrzyni ogniowej (kotła), odcinanie elementów od ramy nośnej, fragmentowanie ostoi i cylindrów, otrząsanie osadu ze ścian tendra itp. Do wykonywania powyższych czynności stosuje się skupione ładunki wybuchowe umieszczane w wybranych węzłach konstrukcyjnych, wydłużone ładunki wybuchowe albo wydłużone ładunki kumulacyjne umieszczane wzdłuż linii cięcia. W wyniku tych operacji w pięciosiedmiokrotnie krótszym czasie otrzymuje się z zużytego parowozu 50—120 t metalu — surowca do przerobu.

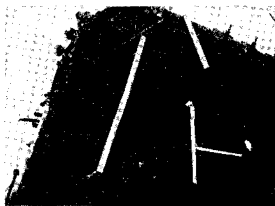
wybuchowe gaszenie pożarów, stosowane w przypadku pożaru szybów wiertniczych (ropa naftowa, gaz). Po raz pierwszy ten sposób gaszenia zastosowano w 1931 r. w Majkopie (ZSRR) przy płonącym ponad 10 miesięcy szybie naftowym. Wybuch 50 kg dynamitu, umieszczonego nad otworem szybu, ujarzmił pożar, którego nie można było ugasić silnym stru-

mieniem wody, ani też przez wywiercenie dodatkowych szybów w celu zmniejszenia ciśnienia gazów. W trakcie wybuchu strumień fontanny rozrywany jest przez falę uderzeniową na dwie części; dolna odrzucana jest do ujścia szybu, zaś górna do strefy spalania ropy naftowej. Gazowy pęcherz produktów wybuchu w ułamku sekundy odizolowuje ropę naftową od strefy jej spalania. Siła wybuchu powinna być tak dobrana, aby w czasie działania produktów wybuchu odrzucona do góry część strumienia ropy naftowej zdążyła całkowicie spłonąć. Wybuchy są także niezastąpione przy gaszeniu pożarów leśnych. Przemieszczanie się płomienia można powstrzymać tylko za pomocą szybkiego oddzielenia płonącej części lasu od pozostałego masywu szerokimi przesiekami i rowami ochronnymi. Ze względu na szybkość działania urządzenia tnące zastępowane są przez wybuch.

wybuchowe grawerowanie, stosowane w jubilerstwie oraz w przemyśle, np. do wytwarzania matryc różnych detali. Między ładunkiem mat. wybuch. a grawerowaną płytą umieszcza się żądany do odtworzenia rysunek. Ciśnienie wybuchu przekazywane jest przez otwory wzorcowe lepiej niż przez jego materiał.

wybuchowe karczowanie drzew, stosuje się dwa sposoby w.k.d. Jeden polega na umieszczeniu mat. wybuch. pod korzeniami, drugi zaś na wierceniu w pniu i grubszych gałęziach otworów strzałowych oraz detonowaniu w nich obliczonych ładunków mat. wybuch. Dobre wyniki uzyskuje się przede wszystkim w przypadku prowadzenia prac strzałowych w gruncie twardym, w.k.d. w gruncie błotnistym może być bardzo trudne.

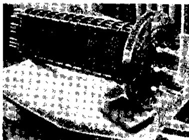
wybuchowe mocowanie rur w dnach sitowych, zakłady przemysłu chemicznego, naftowego, stoczniowego, energetycznego i inne zużywają bardzo duże ilości rurowych wymienników ciepła i różnego rodzaju kotłów. Podstawowymi elementami tych urządzeń są dna sitowe z nawierconymi otworami, w ilości od kilkudziesięciu do kilku tysięcy. W każdym z tych otworów należy zamocować rurę. We współczesnych wymiennikach ciepła stosuje się dna sitowe o dużej grubości, rury o małej średnicy oraz materiały o dużej wytrzymałości. W związku z tym proces mechanicznego mocowania rur w dnie sitowym jest bardzo trudny, pracochłonny i kosztowny. Ponadto ulega zmniejszeniu wytrzymałość wymiennika, a niejednokrotnie uzyskanie dobrej jakości połączenia rur z dnem sitowym staje się w ogóle niemożliwe. Metoda impulsowego mocowania rur pozwala na łączenie różnych rur w dnach sitowych o prak-



Przecinanie osłon paleniska parowozu

tycznie dowolnej grubości. Stosuje się ją tam, gdzie nie można użyć innych metod, np. przy mocowaniu rur w otworach o złożonych kształtach (stożkowych, eliptycznych). Proces impulsowego mocowania rury polega na rozpęczaniu końcowego odcinka rury w otworze dna sitowego za pomocą energii wybuchu. Wyróżnia się trzy podstawowe fazy procesu mocowania impulsowego: likwidacja początkowej przerwy między rurą i otworem w dnie sitowym, wspólne odkształcanie się rury i dna sitowego oraz sprężyste odciążenie rury w dnie sitowym. Odkształcenie rury i dna sitowego w pierwszych dwóch fazach przebiega w wyniku działania ciśnienia fali uderzeniowej oraz rozszerzających się produktów wybuchu, a następnie w wyniku energii kinetycznej napędzanej rury. Wytrzymałość połączenia zależy od prawidłowego doboru parametrów energetycznych i technologicznych procesu, a więc od wielkości ładunku i typu mat. wybuch., początkowej odległości między ścianką rury i ścianką otworu w dnie, materiału ośrodka przekazującego obciążenie wybuchowe i innych. W celu uzyskania przy danym ładunku materiału wybuchowego największego rozpęczenia rury *należy stosować ośrodki przekazujące* obciążenie o dużej gęstości i słabych charakterystykach wytrzymałościowych, np. woda, plastelina, wosk, żelatyna. Umożliwiają one najpełniejsze wykorzystanie energii wybuchu oraz pozwalają uzyskać maksymalną prędkość ruchu ścianek rury przy wybuchowym rozwalcowywaniu. Najtańszym i efektywnym ośrodkiem przekazującym obciążenie jest woda. Do wybuchowego mocowania rur należy ją stosować w pojemnikach o specjalnej konstrukcji. Wygodne jest także wykonywanie obudowy ładunku z polietylenu. Obudowy polietylenowe są tanie, łatwo się je wytwarza i w prosty sposób usuwa z rur po wybuchu. Nieraz wymagane jest zgrzanie rur z dnem sitowym. W celu uzyskania połączenia dobrej jakości należy, podobnie jak przy zgrzewaniu płyt, zapewnić odpowiednie ciśnienia podczas zderzenia ścianek zgrzewanych elementów. W przypadku konieczności stosowania den, których powierzchnie czołowe (pracujące) muszą posiadać specjalne cechy, z ekonomicznego punktu widzenia celowe jest platerowanie tych powierzchni odpowiednimi materiałami (zdjęcie poniżej). Wymienniki ciepła wykonane metodą wybuchową charakteryzują się doskonałą jakością (niemalże zerowe przecieki), podczas gdy w przypadku mocowania przeprowadzanego metodą tradycyjną (rozwalcowywanie mechaniczne) stwierdza się około 30% przecieków.

wybuchowe oczyszczanie filtrów (oraz strefy filtracyjnej w pobliżu otworów wodnych na dużych głębokościach), metoda wykorzystująca wybuch torped burzących lub kumula-

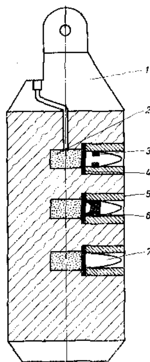


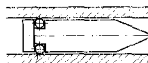
Wymiennik ciepła z założonymi ładunkami

cyjnych. W wyniku tego w ściance obudowy zostają udrożnione zatkane uprzednio lub wykonane nowe otwory filtracyjne. Ponadto fala uderzeniowa oddziałując na grunt znajdujący się blisko filtru, w tzw. strefie filtracyjnej, powoduje wzrost liczby kanalików filtracyjnych. Metoda ta bywa również stosowana *w szybach naftowych. W.o.f.* pozwala co najmniej dwukrotnie zwiększyć wydobycie z szybu.

wybuchowe perforowanie rur okładzinowych, stosowane w procesach wiertniczych. Wyróżnia się perforację pociskową i bezpociskową. Perforacja pociskowa polega na przebijaniu

rur okładzinowych i płaszcza cementowego w przestrzeni pozarurowej stalowymi pociskami, wystrzelonymi z lufek perforatora pociskowego. Perforator pociskowy składa się ze stalowego korpusu, w którym znajdują się komory prochowe, gniazda lufek i kanał detonacyjny. W gniazda lufek wkręcone są lufki zawierające pociski. Wybuch ładunków mat. wybuch. w komorach prochowych korpusu powoduje wyrzucenie pocisków z lufek. Jako ładunki mat. wybuch. używa się dla bezpieczeństwa ładunki prochu prasowanego. W celu przyspieszenia postępu prac strzałowych wobec ograniczonej długości perforatora pociskowego (zwykle około 1 m) do każdej perforacji należy zwykle wykorzystywać trzy perforatory. Aby osiągnąć dobre efekty strzału, stosuje się pociski ze stali bardzo dobrego gatunku. Dla polepszenia skuteczności działania perforatorów stosuje się pierścienie uszczelniające, które utrudniają wypływanie gazów postrzałowych szczelinami między ładunkami a ściankami lufek. Perforację pociskową obecnie stosuje się rzadko, ponieważ jest ona dość pracochłonna. Za szczególnie pożyteczną uważa się ją w przypadkach, gdy przewiduje się wtłaczanie do przestrzelonej warstwy płynów z otworu, np. podczas kwasowania otwo-

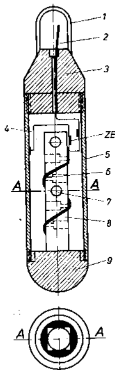




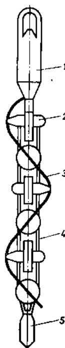


Schemat perforatora pociskowego z pociskiem i ładunkiem:
1 — korpus perforatora, 2 — komora prochowa, 3 — uszczelnienie pierścieniowe pocisku, 4 — podkładka uszczelniająca mufkę, 5 — mufka, 6 — uszczelnienie stopowe pocisku, 7 — pocisk

ru. Współcześnie powszechnie stosuje się perforację bezpociskową, zwaną też kumulacyjną. Polega ona na wykorzystaniu efektu działania ładunków kumulacyjnych. Stosuje się perforatory rurowe i bezkorpusowe; w bezkorpusowych ładunki kumulacyjne zamknięte są w indywidualnych obudowach. Wytrzymałość na ciśnienie ładunków zamkniętych jest atestowana przez producenta i aktualnie wynosi 300 kG/cm². Przed perforacją otwory wypełnia się płynem wytwarzającym przeciwciśnienie, zapobiegające wydostawaniu się gazów z przestrzeni wokół



Perforator rurowy:
1 — uchwyt głowicy, 2 — przewód zapalnika elektrycznego, 3 — głowica górna, 4 — przewód zapalnika elektrycznego, 5 — obudowa rurowa, 6 — lont detonujący, 7 — gniazda na ładunki kumulacyjne, 8 — żerdź kwadratowa, 9 — głowica dolna



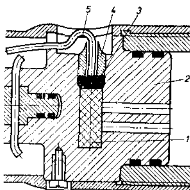
Perforator bezpociskowy, bezkorpusowy:
1 — głowica zapalnikowa, 2 — ładunki kumulacyjne, 3 — lont detonujący, 4 — uchwyty z linek, 5 — obciążnik ołowiany

przestrzeliwanej warstwy bądź ich wybuchowi. Dodatkowo wykorzystuje się zabezpieczenia kolumny produkcyjnej śluzą przeciwwybuchową.

wybuchowe platerowanie rur (platerowanie elementów rurowych metodą wybuchową wymaga pomocniczego oprzyrządowania). Ładunek mat. wybuch. o kształcie cylindrycznym umieszczony jest wewnątrz lub na zewnątrz łączonych rur. Widok rury podstawowej i platerującej przed zgrzewaniem oraz przekrój rur po zgrzaniu pokazano na zdjęciach (patrz tablice). W podobny sposób zgrzewą się odcinki rur. Końce rur umieszczone są w pierścieniu, który zostaje z nimi zgrzany. Inny sposób zgrzewania polega na przeprowadzeniu za pomocą wy-

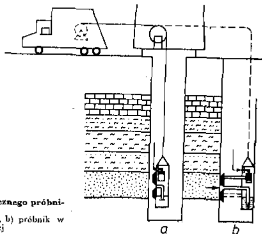
buchu przygotowawczego rozpęczenia końca jednego z odcinków rury. Następnie umieszcza się w nim nierozpęczony odcinek końcowy drugiej rury. Po założeniu ładunku mat. wybuch. pobudza się go. W ten sposób w NRD zgrzewa się rury o dużych średnicach, od 53 cm do 2,5 m. Firma amerykańska *International Research and Development* opracowała technologię zgrzewania wybuchowego rur o średnicy 2,5—20 cm. Technologię tę wykorzystuje się podczas budowy i napraw przewodów rurowych prowadzonych głęboko pod wodą.

wybuchowe pobieranie próbek płynów złożowych, zabieg umożliwiający badanie przepływu z danego złoża bez rurowania i perforacji otworu. Na określonej głębokości otworu otwiera się próbnik przez odstrzał ładunku prochowego, po czym ciśnienie płuczki w otworze dociska do ściany otworu gumową kształtkę, uszczelniającą kanał przepływowy próbki płynu ze złoża do komory zbiornikowej próbnika. Kolejny etap to następny odstrzał ładunku mat. wybuch. w celu zamknięcia próbnika i wydobycie go na powierzchnię wraz z płynem zawartym w komorze. Powyższe dwa ładunki mat. wybuch. odstrzeliwuje się stosując osobne przewody strzałowe.

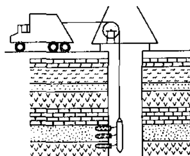


Fragment komory prochowej próbnika z ładunkiem mat. wybuch.:
1 — ładunek prochu prasowanego, 2 — korpus próbnika, 3 — podkładka tekstolitowa i metalowa, 4 — uszczelniający korek gumowy, 5 — przewód do odpalania ładunku

wybuchowe pobieranie próbek skały, wykonuje się za pomocą rdzeniówki strzałowej. Próbkę pobiera się ze ściany otworu wiertniczego wstrzeliwując rdzeniówkę ładunkiem mat. wybuch. Następnie wyszarpuje się ją wraz z próbką skały za pomocą przywiązanej linki. Stosuje się tu miotające mat. wybuch. Najczęściej są to ładunki prochowe o masie od 10



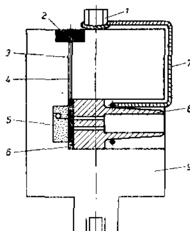
Schemat działania hydraulicznego próbnika płynów:
a) próbnik w pozycji złożonej, b) próbnik w pozycji rozwartej



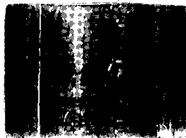
Schemat pobierania rdzeni bocznych rdzeniówką strzałową

do 20 g. W skalach luźnych pobranie próbki jest utrudnione ze względu na możliwość wysypania się jej z rdzeniówki. Pobranie próbki w skalach twardych może się nie udać ze względu na zbyt dużą twardość skały. Rozpoznaje się to po spłaszczeniu lub zagięciu brzegów rdzeniówki.

wybuchowe prasowanie proszków metali, metoda prasowania proszków żelaza, niklu, niobu, wolframu, grafitu, węglików tytanu, węglików wolframu, tlenków aluminium i in. Działanie fali uderzeniowej na ciało o dużej porowatości początkowej powoduje likwidację porów. W wyniku tego zmniejsza się objętość, gwałtownie rośnie gęstość obciążanego tworzywa oraz szybko wzrasta temperatura prasowanego proszku. Może to prowadzić do nieprzewidzianych anomalii w przebiegu jego adiabaty uderzeniowej. Uzyskanie dużej gęstości prasowanego proszku zależy od intensywności wybuchowego obciążenia, sposobu obciążenia pojemnika, porowatości proszku, jego masy oraz wielu innych czynników. Największe uzyskane gęstości wypraski wyniosły 96% monolitu. Stwierdzono, że skurcz wyrobów prasowanych wybuchowo po dalszej obróbce termicznej wynosi 1—5%, podczas gdy po obróbce termicznej proszków spiekanych sposobem mechanicznym aż 15—20%. W ostatnich latach rozpoczęto prace nad jeszcze jednym sposobem wykorzystania energii wybuchu w metalurgii proszków. Na powierzchnie robocze elementów pracujących w warunkach nie sprzyjających (np. dużego tarcia) nanoszone są za pomocą wybuchu proszki metali lub stopów tzw. trudno obrabialnych. Naniesiona warstwa powoduje istotne polepszenie własności technologiczno-eksploatacyjnych wyrobów. Tego typu prace prowadzone są w szczególnie szerokim zakresie przez szwedzką firmę *Nitro-*



Fragment rdzeniówki strzałowej: 1 — łącznik górny rdzeniówki, 2 — uszczelnienie przewodu spłonki, 3 — kanał na przewód spłonki, 4 — przewód spłonki, 5 — komora na proch prasowany, 6 — podkładka uszczelniająca ładunek, 7 — linka, 8 — lufa, 9 — korpus rdzeniówki



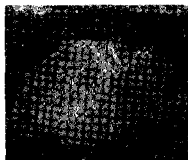
Proszek Al + Fe zaprasowany w stalowej rurze

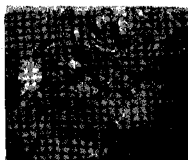
-*Nobel AB*, która stosuje proszki karbidu, wolframu i tlenków żelaza.

wybuchowe przerywanie przepływu prądu, metoda wykorzystująca energię wybuchu ładunków mat. wybuch. do przerywania przepływu bardzo silnych prądów w przełącznikach. Wybuch ładunku mat. wybuch. rzędu 80—120 g wystarczy do zdmuchnięcia łuku elektrycznego przewodzącego prądy o natężeniu megaamperów.

wybuchowe remontowanie odwiertów, w trakcie wiercenia otworów na dużej głębokości instrument wiertniczy często zasklepia się, ponieważ opada na niego grunt ze ścianek odwiertu i zakleja wiertło, bądź też koronka wiertnicza przykleja się do ścianek otworu. Usuwanie takich awarii jest bardzo kosztowne. Nieraz traci się cały odwiert. Za pomocą kaskady mikrowybuchów można, kolejno osłabiając zasklepienia na różnych głębokościach, wykręcić kolumnę wiertniczą. Wybuch może wstrząsnąć nawet wielotonową kolumnę rur wiertniczych, osłabiając w ten sposób sczepienie instrumentu wiertniczego z gruntem.

wybuchowe rozdrabnianie głazów polnych, *prowadzone* jest *dwoma* sposobami (schemat przedstawiono na rys.): zewnętrznego zakładania ładunków oraz wewnętrznego zakładania ładunków mat. wybuch. Pierwszy sposób polega na tym, że ładunek mat. wybuch. umieszcza się na powierzchni *kamienia* tak, *aby dobrze* przylegał do niego. Masę ładunku określa się przyjmując zużycie 1 kg mat. wybuch. na 1 m³ kamienia. Jednakże istotną rolę odgrywa tutaj kształt kamienia, np. kamienie (głazy) okrągłe poddają się procesowi rozdrabniania najtrudniej. W celu polepszenia efektu wybuchu należy umieścić na ładunku mat. wybuch. przybitkę z mokrej gliny. Wytworzone przez wybuch fale uderzeniowe ulegają odbiciu, osiągając powierzchnie swobodne kamienia. Po odbiciu wytwarzają naprężenie rozciągające zdolne zniszczyć istniejące w nim wiązania wewnętrzne. Dla ułatwienia odbicia się fal uderzeniowych powinna być odsłonięta jak największa powierzchnia zewnętrzna kamienia. W przypadku drugiego sposobu w.r.g.p. ładunki wybuchowe umieszcza się w otworach strzelniczych wywierconych w kamieniu na określoną głębokość. *Linia najmniejszego oporu* powinna być we wszystkich kierunkach równa, w przeciwnym razie wybuch nie rozdrobni kamienia, lecz spowoduje jedynie oderwanie się od niego dużych brył. Miejsca wiercenia otworów strzałowych zależą od geometrii *kamienia i jego struktury wewnętrznej.* Głazy zagłębione w ziemi jest znacznie trudniej rozkruszyć niż głazy odsłonięte. W tym przypadku należy zwiększyć masę ładunku wybuchowego oraz głębokość jego założenia w otworze strzałowym. W razie konieczności rozdrobnienia *głazu (kamienia)* zagłębio-





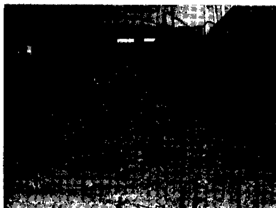
Rozdrabnianie głazów polnych wybuchem:
a — z założonym ładunkiem, b — po wybuchu

nego w ziemi za pomocą ładunków zewnętrznych najlepiej założyć je pod głaz. Takie usytuowanie ładunków ułatwia skuteczną pracę wybuchu. Dla ułatwienia założenia mat. wybuch. można wykonać wgłębienie w gruncie za pomocą detonacji pomocniczych mikroładunków. Przy stosowaniu kilku ładunków należy pobudzić je jednocześnie. Chodzi o to, żeby fale uderzeniowe wytworzone przez poszczególne ładunki zderzyły się ze sobą we wnętrzu kamienia i wytworzyły w ten sposób silniejsze naprężenia niszczące.

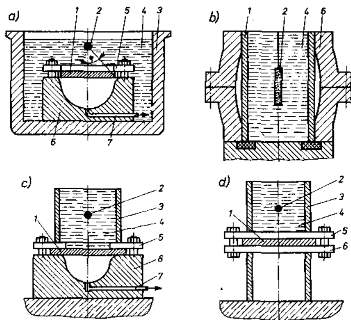
wybuchowe rozdrabnianie konstrukcji betonowych, w tego rodzaju operacjach stosuje się bardzo szeroki krąg prac wybuchowych, znacznie różniących się między sobą. Niemożliwe jest ustalenie jakichkolwiek ogólnych zasad rozdrabniania betonu, gdyż wytrzymałość konstrukcji betonowych na działanie obciążeń wybuchowych zależy od takich czynników jak: grubość zbrojenia, kierunek zbrojenia, kształt geometryczny i inne. Np. przy wyburzaniu mostu drogowego otwory strzałowe wiercone są tak, aby masa jednostkowa mat. wybuch. wynosiła 5—10 kg/m^3 materiału wyburzanej konstrukcji. Natomiast przy wyburzaniu ściany betonowej o grubości 0,25 m otwory wiercone są tak, aby masa jednostkowa mat. wybuch. wynosiła tylko 0,65—0,75 kg/m^3, a nawet mniej. Beton zbrojony trudno całkowicie rozerwać wybuchem (rzecz dotyczy zbrojenia), dlatego też często dodatkowo stosuje się przecinanie pozostałego zbrojenia za pomocą palników gazowych (patrz rys.).

wybuchowe tłoczenie materiałów o małej plastyczności, często pierwszą czynnością w tej operacji jest wstępne podgrzanie materiału. Obecnie opracowywane są i badane tego rodzaju technologie w warunkach przemysłowych. Efektywne wybuchowe tłoczenie detali ze wstępnym podgrzewaniem można przeprowadzać przez spalanie naniesionej na powierzchnię detalu mieszaniny pirotechnicznej. Mieszanina taka, podpalona przez lont ogniowy lub zapłonnik elektryczny nagrzewa tłoczony detal. Po pewnym czasie detonowany jest zasadniczy ładunek mat. wybuch.

wybuchowe tłoczenie metali, metoda opracowana w Chabarowskim Instytucie Lotniczym (ZSRR) w latach czterdziestych dwudziestego wieku. W połowie lat pięćdziesiątych metodę tę już szeroko stosowano do wytwarzania elementów samolotów i rakiet. W trakcie wybuchowego tłoczenia elementów nie stosuje się silnych i drogich pras, natomiast potrzebna jest tylko matryca, tzn. forma przyszłego detalu. Ponadto stosując tę metodę dysponujemy olbrzymimi energiami. Pozwala

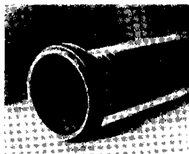


Wybuchowe wyburzanie konstrukcji betonowych zbrojonych



Podstawowe schematy tłoczenia wybuchem:
a) tłoczenie w basenie stałym, b) tłoczenie półwyrobu, c) tłoczenie w zdejmowanym basenie (pojemniki jednorazowe), d) tłoczenie w uproszczonym oprzyrządowaniu (1 — tłoczony element, 2 — ładunek mat. wybuch., 3 — basen, 4 — woda, 5 — koło dociskowe, 6 — matryca, 7 — układ odpowietrzający)

to na tłoczenie elementów wielkogabarytowych z metali i stopów o dużej wytrzymałości. Najszersze zastosowanie zyskało takie tłoczenie wybuchowe, podczas którego ośrodkiem przekazującym ciśnienie od ładunku mat. wybuch. do półwyrobu jest woda. Jest kilka sposobów tłoczenia hydrowybuchowego. Przedstawiono je na rys. Tłoczony element 1 (część a na rys.) umieszczony jest na matrycy 6 i dociskany do niej na obrzeżu za pomocą koła dociskowego 5. W określonej odległości nad elementem umieszczony jest ładunek mat. wybuch. 2. Matrycę wraz z półwyrobem i umieszczonym nad nim ładunkiem mat. wybuch. opuszcza się do basenu z wodą 4. *Część energii wyzwolona w trakcie* wybuchu ładunku przekazywana jest poprzez wodę do tłoczonego elementu. Element ten pod działaniem wysokiego ciśnienia odkształca się, przylegając do ścianek matrycy. W dolnej części matrycy, pod półwyrobem, za pomocą układu próżniowego 7 wytwarzana jest próżnia, aby powietrze nie przeszkadzało przemieszczaniu się tłoczonego elementu, poruszającego się z dużą prędkością. W przypadku rozpęczniania elementów rurowych (część b na rys.) wodę wlewa się bezpośrednio do wnętrza elementu, w którym umieszczany jest także ładunek mat. wybuch. Po wybuchu proces przebiega w sposób opisany powyżej. W celu wykonania niedużych partii elementów, *często zamiast stałego basenu wyko-*



Wybuchowe kształtowanie rur

nywane są pojemniki jednorazowego użytku, ulegające w trakcie wybuchu zniszczeniu (część c na rys.). Pojemnik taki, wykonany z kartonu lub cienkiej blachy, ustawia się na matrycy i napełnia wodą, a następnie przeprowadza wybuch. Do wykonywania elementów typu dennie o prostym kształcie, nie wymagających większej dokładności obróbki, zamiast matrycy stosuje się oprzyrządowanie uproszczone. Składa się ono z kołnierzy: podporowego i dociskowego, pomiędzy którymi umieszcza się przeznaczony do tłoczenia element. Na zdjęciach (patrz tablice) pokazano elementy uzyskane w wyniku kształtowania hydrowybuchowego. W procesie wybuchowego tłoczenia energia wybuchu przekazywana jest tłoczonemu elementowi przez falę uderzeniową oraz postępujący za nią strumień cieczy. Gazowe produkty wybuchu, rozszerzając się, wytwarzają pęcherz gazowy. Przemieszczenie cieczy, spowodowane rozszerzeniem się pęcherza gazowego sprzyja dodatkowemu odkształceniu elementu. Największe praktyczne znaczenie ma pierwsza pulsacja pęcherza gazowych produktów wybuchu.

wybuchowe utwardzanie metali, stosowane są dwa sposoby utwardzania. W pierwszym z nich wykorzystuje się działanie fali uderzeniowej, powstałej w trakcie wybuchu. W tym przypadku ładunek mat. wybuch. umieszczony jest na powierzchni utwardzanego metalu. Pomiędzy ładunkiem mat. wybuch. i powierzchnią metalu umieszczona bywa przekładka. W drugim sposobie powierzchnia metalu utwardzana jest w wyniku uderzenia w nią płyty, napędzonej do odpowiednio dużej prędkości energią wybuchu. W ten sposób, dzięki ukierunkowanemu ruchowi detonacji mat. wybuch., napędzana płyta zbliża się do utwardzanej powierzchni pod pewnym kątem. Następuje skośne zderzenie napędzanej płyty z powierzchnią elementu. Najczęściej wykorzystywane są mat. wybuch. o prędkości detonacji równej lub przewyższającej prędkość dźwięku w obrabianym elemencie. Często pomiędzy ładunkiem mat. wybuch. i utwardzoną powierzchnią umieszczana jest warstwa gumy, plasteliny, kartonu lub innego materiału w celu ochrony tej powierzchni od zanieczyszczeń produktami wybuchu. Utwardzanie metalu zachodzi tutaj w wyniku działania fali uderzeniowej padającej i odbitej. Realizowana jest ona według mechanizmu intensywnego bliźniakowania (tworzenia bliźniaczych kryształów) i charakteryzuje się powstawaniem dużej ilości równomiernie rozłożonych dyslokacji. Metoda w.u.m. jest obecnie szeroko stosowana w wielu krajach, np. w ZSRR, USA, Anglii, Czechosłowacji i innych. Dotyczy to głównie elementów wykonywanych ze stali stosowanych w budownictwie, górnictwie, maszynach drogowych, elementach dróg szynowych. Np., w wyniku w.u.m. zużycie gąsienic spychacza zmniejszyło się o około 40%, zaś czas pracy elementów szynowych wzrósł o 300%. Przeprowadzone w Czechosłowacji badania utwardzonych wybuchem płyt rozdrabniających w kruszarkach kamieni wykazały wzrost czasu ich eksploatacji o 40—60%. Wybuchowe utwardzanie elementów wykonanych ze stali z dużą ilością manganu (rdzenie rozjazdów kolejowych, zęby łyżek koparek, elementy kruszarek kamieni itp.) pozwoliło zwiększyć czas ich eksploatacji półtora—dwukrotnie. Znane są także fakty poprawy własności elementów

wytwarzanych z innych metali i stopów. Np. firma amerykańska przeprowadzała operacje wybuchowego utwardzania elementów statków kosmicznych, wykonanych ze stali węglowych i nierdzewnych, aluminium i tytanu. Stosując tę metodę doprowadzono do zrównania własności szwa spawalniczego z własnościami materiału podstawowego. Utwardzanie wybuchem zastosowała ta firma również do poprawy własności wielkogabarytowych zgrzewanych płyt tytanowych, stosowanych na powłoki statków kosmicznych i rakiet.

wybuchowe własności cukru, podczas produkcji cukru największe zagrożenie wybuchowe w procesie technologicznym występuje na górze cukrowej, gdzie powstają duże ilości pyłu cukrowego, wytwarzanego przez tarcie w urządzeniach transportowych, suszących i segregujących. Pył cukrowy ma własności wybuchowe przy koncentracji w granicach 10—1350 g/m³. Temperatura samozapalenia wynosi 360°C. Za maksymalną dopuszczalną temperaturę powierzchni, od której rozpylony w powietrzu pył cukrowy może ulec samozapaleniu przyjmuje się 240°C. Za dopuszczalne w praktyce *stężenie pyłu cukrowego w* mieszaninie z powietrzem przyjmuje się 5 g/m³. Niebezpieczeństwo wybuchu pyłu cukrowego występuje w fazie suszenia cukru, segregacji, pakowania i paczkowania, w pomieszczeniach operacyjnych przy silosach cukru, w pomieszczeniach filtrów i cyklonów wyłapujących pył cukrowy, w młynach i w pomieszczeniach kondycjonowania cukru. Niebezpieczeństwo samozapalenia oraz wybuchu pyłu występuje również w suszarniach, brykietowniach i magazynach wysłodków. Wysłodki suszone charakteryzują się temperaturą tlenia warstwy 415°C, temperaturą samozapłonu w chmurze 415°C, dolną granicą wybuchowości 27,7 g/m³. Za dopuszczalną w praktyce *temperaturę powierzchni, od której* rozpylony w powietrzu pył wysłodkowy może ulec samozapaleniu, przyjmuje się 276°C.

wybuchowe własności dekstryny, dekstryny otrzymuje się podczas termicznego rozkładu cząstek skrobi (ziemniaczanej, pszennej lub kukurydzianej) przy zastosowaniu kwasów mineralnych jako katalizatorów. Podczas procesu produkcji występuje poważne niebezpieczeństwo powstawania wybuchów. Główną przyczyną jest stosowanie krochmali (mączek) jako materiałów wyjściowych do produkcji, występowanie wysokich temperatur przy suszeniu i prażeniu dekstryn oraz bardzo niski stopień ich wilgotności. Np. temperatura dekstryn żółtych po prażeniu wynosi 170—180°C. Dlatego też należy je szybko ochłodzić zarówno w celu natychmiastowego przerwania procesów cieplnych, jak również ze względu na niedopuszczenie do zapoczątkowania procesów poprzedzających samozapalenie się. Gęstość dekstryn wynosi 1,60 kg/l, masa nasypowa 0,83 kg/l, wartość cieplna 18,42 MJ/kg (4,4 Mcal/kg), wilgotność po prażeniu około 2%, po nawilżeniu 9—13%. Najwyższa zawartość popiołu w przeliczeniu na suchą masę, w zależności od rodzaju i gatunku dekstryn, waha się w granicach 0,35—1,0%. Inne dane należy przyjmować jak dla krochmalu ziemniaczanego, z tym że wielkość cząsteczek pyłu wynosi 1—60 μm, zaś temperatura zapalności rozpylonego pyłu dekstryn od gorącej powierzchni mieści się w granicach 400—430°C. Według danych krajowych pyły dekstrynowe zostały zaszeregowane na drugim miejscu w I grupie pyłów najbardziej niebezpiecznych pod względem wybuchowym.

wybuchowe własności krochmalu pszennego, krochmal pszenny otrzymuje się przez wymycie skrobi z mąki pszennej za pomocą wody, a następnie wysuszenie jej. Jego gęstość wynosi 0,85—0,9 kg/l, masa nasypowa 0,5 kg/l, wartość cieplna 17,58 MJ/kg (4,2 Mcal/kg), wilgotność I gatunku 12%, II gatunku 40%. Inne dane należy przyjmować jak dla krochmalu ziemniaczanego z tym jednak, że według niektórych zagranicznych źródeł informacji krochmal pszenny powinno się

traktować jako bardziej niebezpieczny ze względu na mniejszą średnią wielkość drobin (3—45 μm) oraz mniejszą zawartość wilgoci.

wybuchowe własności mączki ziemniaczanej, mączka ziemniaczana (krochmal) zawiera oprócz węglowodanów pewne ilości organicznych substancji azotowych, tłuszczu oraz niektórych substancji mineralnych. Gęstość mączki wynosi 1,53 kg/l, masa nasypowa 0,7 kg/l. Zalicza się ją do III kategorii pod względem niebezpieczeństwa pożarowego. Jej wartość cieplna wynosi 17,5 MJ/kg (4,18 Mcal/kg), zaś wilgotność 19,7—20%. Istotna dla stopnia zagrożenia pożarowego jest wilgotność pyłów krochmalnych w mieszaninie z powietrzem, przy której dolna granica wynosi 22 g/m³, przy minimalnej ilości tlenu w powietrzu ok. 15%. Wielkość cząsteczek pyłu krochmalu zawiera się w granicach 10—100 μm, a rozwinięta powierzchnia reakcji wynosi 150—800 m². Temperatura zapalenia 4 mm warstwy nagromadzonego pyłu na powierzchni gorącej waha się w granicach 290—399°C. Temperatura zapalności rozpylonego pyłu od gorącej powierzchni wynosi około 430°C. Niebezpieczeństwo zapalenia pyłów krochmalnych: od rozżarzonego ciała występuje przy koncentracji 7,0 g/m³, od łuku elektrycznego przy koncentracji 10,3 g/m³, natomiast od iskry (wytworzonej mechanicznie, elektrostatycznie) przy koncentracji 13,7 g/m³. Stężenie wybuchowe krochmali waha się w granicach 22—245 g/m³, a nawet odnotowano zapłony przy niższych stężeniach, w zależności od źródła inicjacji. Według danych krajowych krochmal ziemniaczany został zaszeregowany na trzecim miejscu w I grupie pyłów najbardziej niebezpiecznych pod względem wybuchowym, według danych amerykańskich na szóstym, według danych niemieckich na dziewiątym. Krochmal ziemniaczany ze względu na wysoką zawartość wilgoci i gruboziarnistość uważany jest za najmniej wybuchowy ze wszystkich rodzajów krochmali.

wybuchowe własności mąki pszennej, mąkę pszenną zalicza się do III kategorii pod względem niebezpieczeństwa pożarowego. Jej wartość cieplna wynosi 14,95 MJ/kg (3,57 Mcal/kg), wilgotność 10—13%, gęstość 0,7—0,8 kg/l, masa nasypowa 0,47 kg/l. Istotna dla stopnia zagrożenia pożarowego jest wybuchowość pyłów mąki w mieszaninie z powietrzem, której dolna granica wynosi 23 g/m³, przy minimalnej ilości tlenu w powietrzu ok. 15%. Wielkość cząsteczek pyłu mąki pszennej waha się w granicach 3—40 μm. Temperatura zapalenia 5 mm warstwy nagromadzonego pyłu mącznego od gorącej powierzchni zawiera się w granicach 290—350°C. Temperatura zapalności rozpylonego pyłu od gorącej powierzchni wynosi 410—430°C. Niebezpieczeństwo zapalenia pyłów pszenicy od rozżarzonego ciała występuje przy koncentracji 10,3 g/m³, od łuku elektrycznego przy koncentracji 10,3 g/m³, od iskry nie występuje.

wybuchowe własności produktów paszowych, w przemyśle paszowym większość surowców występuje w postaci sypkiej i posiada własności pyliste, np. otręby zbożowe, susz z zielonek, mączka zwierzęco-rybna, śrut poekstrakcyjny, kiełki słodowe itp. Przy rozdrabnianiu lub mieszaniu wymienionych surowców i magazynowaniu występuje zapylenie, które może doprowadzić do wybuchu. Stosowany w produkcji system urządzeń transportowych oraz otworów komunikacyjnych, łączących poszczególne pomieszczenia, stwarza możliwość rozszerzenia się wybuchów lokalnych na inne pomieszczenia i stanowiska pracy. Własności fizykochemicznych tych pyłów, a szczególnie granic wybuchowości, dotychczas nie badano.

wybuchowe własności pyłu tytoniowego, w produkcji tytoniu przemysłowego materiałem palnym są liście tytoniowe. W czasie procesu produkcyjnego jest on podsuszany, a więc coraz łatwiejszy do zapalenia. W wyniku podsuszania tworzy się pył tytoniowy. Wprawdzie pył ten jest zakwalifiko-

wany do III grupy wybuchowości, a więc z trudem tworzy mieszaniny wybuchowe, zawiera dużo niepalnych zanieczyszczeń i powstaje z materiału palącego się wolno, to jednak stanowi jeden z zasadniczych czynników zagrożenia pożarowego i wybuchowego. Zapylenie pyłem tytoniowym występuje zwłaszcza w magazynach surowca, tytoniu przemysłowego oraz w magazynach podręcznych, w których w *sprzyjających okolicznościach mogą zaistnieć* lokalne wybuchy na skutek zawirowania tych pyłów z jakiejkolwiek przyczyny, np. przeciągu.

wybuchowe własności pyłu zbożowego, granice wybuchowości pyłu zbożowego zależą od wielu czynników, przede wszystkim od stopnia zawilgocenia. Przy wilgotności 9% pył zbożowy wybucha przy koncentracji w granicach 300—1000 g/m³. Niebezpieczeństwo wybuchu pyłu zbożowego suchego istnieje przy koncentracji 20—1000 g/m³, natomiast przy wilgotności powyżej 16% pyły mączny i zbożowy nie wybuchają. Wybuchowo niebezpieczne koncentracje pyłów występują podczas procesów oczyszczania i rozdrabniania ziarna, a ponadto w czasie transportu międzyoperacyjnego, wsypywania do worków i magazynowania. Zapalenie się i wybuch pyłu zbożowego następuje przy zadziałaniu źródła otwartego ognia o temperaturze 410°C. Prędkość rozprzestrzeniania się ognia podczas spalania się pyłu wynosi 10—25 m/s, natomiast rozprzestrzeniania się wybuchu sięga kilkuset m/s. Od chwili zainicjowania procesu do właściwego wybuchu upływa 7—11 ms.

wybuchowe wycinanie otworów, wycinanie otworów w płaskich i wydrążonych detalach metalowych o małej grubości wykonuje się za pomocą wybuchu kruszących mat. wybuch. Ładunki mat. wybuch. mogą być *wykonywane w postaci ładunków* skupionych, rozłożonych (płaskich) lub liniowych. Wycinanie otworów o dowolnych kształtach we wszelkiego rodzaju elementach, także rurowych, wykonuje się za pomocą ładunków kumulacyjnych wydłużonych (niepunktowych). W najszerszym zakresie wykorzystuje się to w przemyśle naftowym, np. do perforowania orurowań szybów po zakończeniu prac wiertniczych oraz przy budowie rurociągów naftowych, szczególnie w razie potrzeby przyłączenia nowych nitek do rurociągu głównego.

wybuchowe wytwarzanie kryształów, wytwarzanie sztucznych kryształów *jest procesem złożonym oraz* długotrwałym. Laboratoryjne hodowanie kryształów rubinu i topazu trwa wyjątkowo długo. Doświadczenia wykazały, że w warunkach działania wybuchu pojedynczy kryształ narasta z coraz większą prędkością, aż do prędkości 500 m/s. Uwzględniając czas trwania wybuchu, który wynosi milionowe części sekundy, kryształ w ciągu jednego wybuchu wzrasta o części mm. W ten sposób kaskada mikrowybuchów staje się ogromnym katalizatorem wytwarzania kryształów.

wybuchowe wytwarzanie materiałów kompozytowych, zgrzewanie wybuchowe pozwala uzyskiwać materiały zbrojone na bazie stopów aluminium, manganu, berylu, tytanu, stali nierdzewnej i trudno topliwych metali, gdzie jako elementy wzmacniające stosowane są druty, taśmy i inne profile. Elementy zbrojenia mogą być wykonane z trudno topliwych metali i stopów, pozwalających w znacznym stopniu zwiększać ognioodporność wyrobu. Materiały kompozytowe wytwarzane za pomocą wybuchu można umownie podzielić na: piyty, rury, panele i konstrukcje specjalne. Wytwarzanie tych materiałów możliwe jest w przypadku wzdłużnego i poprzecznego ułożenia zbrojenia względem kierunku ruchu detonacji. Stosuje się wzmacnianie metalu włóknami polegające na tym, że materiał osnowy przekazuje włóknom obciążenie *przyłożone z zewnątrz. Realizowane jest* to za pośrednictwem sił stycznych, działających na granicy faz włókno — osnowa. Wymagane jest tu oczywiście dobre związanie obu kompozytów na granicy ich kontaktu. Odpowiedni

dobór składników pozwala w pełni wykorzystać dużą wytrzymałość cienkich włókien oraz zapewnić nowemu materiałowi odporność na rozprzestrzenianie się pęknięć, dużą wytrzymałość na zmęczenie i pełzanie. Liczne firmy amerykańskie opanowały technologię otrzymywania płyt z materiałów kompozytowych na osnowie znormalizowanych stopów aluminiowych. Jako fazę włóknistą stosuje się druty berylowe i stalowe o średnicach od 0,2 do 2,5 mm, włókna boru, węglika boru i węglika krzemu, włókna boru pokryte węglikiem krzemu oraz włókna grafitowe. Przy 40—50% udziale objętościowym włókien węglika boru wytrzymałość kompozytu na osnowie stopu aluminium typu *6061* osiąga 140 kG/mm². Ten sam stop, zawierający 50% włókien boru, pozwala na uzyskanie kompozytu o wytrzymałości 150 kG/mm². Zbrojone włóknami magnez i aluminium oraz ich stopy znajdują szerokie zastosowanie w technice. Prawie wszystkie amerykańskie zakłady lotnicze projektują i konstruują części samolotów z materiałów kompozytowych. Najszerzej rozpowszechniony w konstrukcjach lotniczych jest materiał kompozytowy typu aluminium-włókna boru. Z tego materiału wykonano części kadłuba samolotu F-11, takie jak: ramy, dźwigary, łączniki rurowe, podłużnice, grodzie, płyty oraz inne. Zastosowanie kompozytów umożliwiło zmniejszenie masy elementów o 18—60%. W celu zmniejszenia anizotropii własności wytrzymałościowych materiału kompozytowego wprowadza się dwa rodzaje włókien wzmacniających, wzajemnie prostopadłych, np. drut ze stali nierdzewnej i włókna boru. W firmie *United Aircraft* podjęto próby wykorzystania materiału kompozytowego aluminium-bor na śmigła samolotów pionowego startu. Nowe łopatki śmigieł zwiększają obciążenie użyteczne o 50%. Materiał kompozytowy aluminium 6061-włókna boru, pokryte w stosunku objętościowym w 50% węglikiem krzemu, używa się do wyrobu łopatek silnika turbosprężarkowego. Szczegółowe analizy wskazują na możliwość stosowania materiałów kompozytowych w technice budowy okrętów, także podwodnych (na kadłuby), w lotnictwie i technice rakietowej, w przemyśle chemicznym i gazownictwie (jako materiał na zbiorniki ciśnieniowe), do budowy bardzo szybkich pojazdów naziemnych, samochodów o obniżonej masie oraz wielu innych gałęziach techniki i gospodarki narodowej.

wybuchowe wytwarzanie polimerów, na podstawie wieloletnich badań ustalono, że wybuch wytwarzający wysokie ciśnienie i temperaturę stwarza warunki sprzyjające wystąpieniu większości znanych reakcji chemicznych (wymiany, rozkładu, syntezy i innych). Odkryto również, że fala uderzeniowa może spowodować reakcję polimeryzacji. Dzięki niej udało się wytworzyć bardzo dużo polimerów, w tym także trudno polimeryzujących się, a nawet tych, które dotychczas uważane były za niemożliwe do wytworzenia. Ilość otrzymywanego polimeru zależy od intensywności wybuchowego oddziaływania oraz własności tego polimeru. Interesujące jest, że polimery powstające w wyniku działania wybuchu często mają własności różne od własności polimerów otrzymywanych metodami tradycyjnymi. Wyjaśnić to można tym, że wytwarzane wybuchowo polimery posiadają dłuższy łańcuch i w wyniku tego znacznie większy ciężar molekularny. Ze wzrostem ciężaru molekularnego wiążą się różne własności polimeru, np. wzrost temperatury topnienia. Polimeryzacja powodowana wybuchem znajduje się jeszcze w stadium badań naukowych, ale wiadomo już, że metoda ta znajdzie szerokie zastosowanie do wytwarzania przede wszystkim unikalnych polimerów.

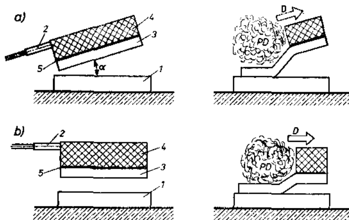
wybuchowe wytwarzanie sztucznych diamentów, przemiana grafitu w diament zachodzi w warunkach wysokich temperatur oraz wysokich ciśnień statycznych lub dynamicznych. Diamenty na skalę przemysłową od dawna otrzymuje się metodą ciśnień statycznych. W 1955 r. uczeni amery-

kańscy F. P. Bundy, H. T. Hall, H. M. Strong i Wentorf opublikowali wyniki wieloletnich badań dotyczących uzyskiwania syntetycznych diamentów za pomocą różnych sposobów. H. M. Strong nagrzewał związki zawierające węgiel przez kilka godzin w temperaturze 2773 K pod ciśnieniem $5,6 \cdot 10^9$ Pa i w rezultacie uzyskał największy ze znanych wówczas diamentów o długości krawędzi 1,2 mm. F. P. Bundy i H. T. Hall w specjalnie skonstruowanej aparaturze osiągnęli ciśnienie 10^{10} Pa i temperaturę 2980 K. Zachodziła tam stosunkowo szybko synteza drobnych diamentów z wydajnością 0,02 g w trakcie jednego cyklu obciążenia próbki. W tym samym czasie również w Szwecji uzyskano sztuczne diamenty w podobnych warunkach. W 1959 r. pojawiły się pierwsze publikacje dotyczące syntezy diamentów z udziałem katalizatorów, które w tej przemianie odegrały poważną rolę. Stosowano następujące katalizatory: kobalt, nikiel, żelazo, mangan, platynę oraz stopy tych metali. Katalizatory te znacznie przyspieszały przemianę grafitu w diament, a jednocześnie pozwalały obniżać ciśnienie oraz temperaturę tej przemiany. Prace badawcze w zakresie opanowania przemiany grafitu w diament w warunkach ciśnień dynamicznych, przede wszystkim wybuchowych, są prowadzone nadal. Dotychczas nie udało się uzyskać tym sposobem większych kryształów diamentu, a jedynie tzw. proszek diamentowy. Proszek ten wybuchowo produkuje się na skalę przemysłową w ZSRR i USA. Służy on do wytwarzania papierów ściernych najwyższej jakości.

wybuchowe wzbudzanie lasera, jedno z najnowszych bardzo interesujących zastosowań energii mat. wybuch. Produkty wybuchu tworzą ośrodek o niskiej temperaturze przepływu, lecz o wysokiej energii drgań cząsteczek. Mat. wybuch. jest tak dobierany, aby głównym produktem wybuchu był dwutlenek węgla (CO_2). Umożliwia to otrzymywanie promieniowania laserowego o długości fali 10,6 m.

wybuchowe zgrzewanie kabli energetycznych, sposób stosowany bezśrednio w miejscu, w którym zaistniała konieczność przeprowadzenia operacji. Operację wykonuje się za pomocą narzędzi i materiałów znajdujących się w specjalnej torbie. Najpierw nakłada się na końce zgrzewanych kabli rurkę np. aluminiową i ładunek mat. wybuch. o specjalnym kształcie. Po zdetonowaniu ładunku linia kablowa jest połączona. Powstałe złącze jest mechanicznie trwałe, zaś jego własności elektryczne nie są gorsze od własności złącza wykonanego tradycyjną metodą. W.z.k.e. zastosowano w trakcie budowy Huty Katowice.

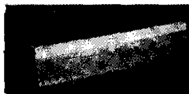
wybuchowe zgrzewanie (platerowanie) metali, łączenie następujących metali i stopów: aluminium z aluminium, stopami aluminium, stopami tytanowymi, różnymi stalami, lub też stopów aluminium ze stopami aluminium, stopami tytanowymi, różnymi stalami, a także stopów tytanowych ze stopami tytanowymi, różnymi stalami i różnych stali ze sobą, miedzią, ołowiem, srebrem i wielu innymi metalami. Zgrzewanie wybuchowe przeprowadza się w ten sposób, że na powierzchnię jednego elementu ze zgrzewanej pary detali (płaska taśma, płyta, rura, pierścień lub wyrób innego kształtu) układa się mat. wybuch. Napędzany element jest tak umieszczony, aby po wybuchu leciał w kierunku nieruchomego detalu pod kątem 5—20° z prędkością kilkuset m/s. Schemat wybuchowego zgrzewania przedstawiono na rys. Przy zgrzewaniu elementów, ustawionych pod kątem względem siebie, napędzana płyta 3 ustawiona jest pod pewnym kątem względem płyty platerowanej 1. Płyta dolna znajduje się na nieruchomej podstawie. Ładunek mat. wybuch. 4 umieszczony jest na płycie ruchomej i pobudzany detonatorem 2 w wierzchołku kąta początkowego ustawienia płyt. W procesie zgrzewania wybuchowego stosuje się także przypadek równoległego ustawienia płyt platerującej i platerowanej; proces przebiega analo-



Schematy wybuchowego zgrzewania metali:
a) zgrzewanie elementów ustawionych pod kątem, b) zgrzewanie elementów ustawionych równolegle (1 — nieruchoma płyta, 2 — detonator, 3 — napędzana płyta, 4 — ładunek mat. wybuch., 5 — warstwa pośrednia)

gicznie. W celu ochrony powierzchni napędzanej płyty przed zanieczyszczeniem przez produkty detonacji stosuje się warstwę pośrednią 5, wykonaną zwykle z materiału niemetalicznego. Umieszcza się ją między ładunkiem mat. wybuch. oraz napędzanym detalem. Po wybuchu ładunku płyta porusza się z prędkością 300—1000 m/s w kierunku płyty nieruchomej. Zderzenie tych płyt nie odbywa się na całej powierzchni. Punkt zderzenia przemieszcza się w kierunku ruchu detonacji, zaczynając od wierzchołka, w którym nastąpiło pobudzenie detonacji. Za punktem zderzenia powstaje strefa zgrzania metali. Warunkiem uzyskania zgrzania jest to, aby prędkość punktu zderzenia nie przewyższyła prędkości fali plastycznej w łączonych metalach. Łączenie metali zachodzi w wyniku zbliżenia zderzanych powierzchni na takie odległości, przy których zaczynają oddziaływać *siły wiązań międzyatomowych*. *Drugą* cechą szczególną procesu w.z.m. zapewniającą uzyskanie silnego połączenia jest to, że w strefie zderzenia następuje silne odkształcenie plastyczne warstw powierzchniowych metalowych detali. Powoduje to bardzo charakterystyczne sfalowanie, zwiększające powierzchnię kontaktu i sprzyjające połączeniu zgrzewanych detali. Istnieje wiele innych parametrów procesu zgrzewania, których zmiana może spowodować wytworzenie złącza o wysokiej wytrzymałości. Parametrami tymi są: rodzaj materiału zgrzewanych płyt, wymiary płyt, ich konfiguracje, ilość mat. wybuch., jego rodzaj i rozmieszczenie, kąt nachylenia płyt względem siebie i inne. Zgrzewanie wybuchowe pozwala wyeliminować często niepotrzebne wykonywanie całego detalu z materiału o większej wytrzymałości, jednocześnie wielokrotnie droższego. Wystarczy wykonać element z materiału tańszego, a jedynie jego powierzchnie pracujące pokryć warstwą materiału właściwego, zgodnie z przeznaczeniem wyrobu. Po procesie platerowania elementy z powodzeniem mogą być poddane dalszej obróbce. Najważniejszą cechą w.z.m. *jest możliwość zgrzewania* bardzo dużych elementów o powierzchni wielu metrów kwadratowych. Istotną cechą procesu zgrzewania wybuchowego jest to, że w szwie spawalniczym (zgrzewczym) nie powstają połączenia mię-

dzymetaliczne, które naruszają jednolitość szwu i strukturę metalu. Wytrzymałość połączenia jest na tyle duża, że zawsze przewyższa wytrzymałość słabszego z łączonych metali. Energię wybuchu można wykorzystać do jednoczesnego zgrzewania kilkunastu do kilkudziesięciu warstw, dobierając w tym celu odpowiednie ładunki. Np. dla potrzeb przemysłu okrętowego zgrzewane są wybuchowo elementy konstrukcji stalowych z aluminiowymi zamiast tradycyjnego nitowania. Badania takich połączeń w wodzie morskiej i roztworach soli wykazały wysoką ich wytrzymałość antykorozyjną. Maksymalna głębokość korozji na nie malowanych próbkach po 27 miesiącach przebywania w wodzie morskiej wynosiła ok. 1 mm. Dużą zaletą w.z.m. jest łatwość łączenia elementów w miejscach trudno dostępnych sposobem stykowego zgrzewania elementów prętowych, którego twórcą jest radziecki uczony W. S. Siedych.



Plater St3 + Al

wybuchowe zmniejszanie naprężeń spawalniczych, szczególnie perspektywiczny proces technologiczny, zwłaszcza w przypadku obróbki dużych elementów o średnicy kilku—kilkunastu metrów oraz bardzo długich, których nie można poddać tradycyjnej obróbce cieplnej (duże zbiorniki, poszycie statków itp.). W wyniku badań stwierdzono, że w rezultacie obróbki wybuchowej ładunkami o średnicy 4 mm wytrzymałość zmęczeniowa próbek spawanych elektrycznie wzrosła 3—5-krotnie. Jedną z metod zmniejszenia naprężeń spawalniczych jest jednorazowe lub wielokrotne obciążanie połączenia spawanego. Prowadzi to do powstawania odkształceń plastycznych w obszarze spoiny, co z kolei sprzyja zmniejszeniu naprężeń własnych, a niekiedy całkowicie je eliminuje. Podobne odkształcenia są wytwarzane w przypadku obciążenia elementu wybuchem, przy czym prędkość detonacji zastosowanego mat. wybuch. powinna być mniejsza od prędkości fali plastycznej w obciążanym materiale.

wybuchowe związki chemiczne, niestabilne związki chemiczne, zdolne pod wpływem bodźców zewnętrznych do szybkich przemian egzotermicznych, w wyniku których zachodzi całkowite rozerwanie wiązań wewnątrzcząsteczkowych, a następnie rekombinacja wolnych atomów w produkty termodynamicznie stałe. Zawierają one atomy tlenu, co umożliwia im całkowite lub częściowe spalenie wewnętrzne. Istnieją także związki endotermiczne, nie zawierające tlenu, które w warunkach wybuchu rozkładają się na poszczególne elementy składowe. Np. azydek ołowiu PbN_6 przy wybuchu rozkłada się na azot i ołów wydzielając energię równą jego energii tworzenia. Nietrwałość związków wybuchowych spowodowana jest według Vant Hoffa (1900) występowaniem w ich cząsteczkach połączeń atomowych zwanych eksploforami. Plec (1935) w celu uchwycenia zależności między działaniem a budową mat. wybuch. opracował teorię eksplozoforów i auksoeksplorów analogicznie do teorii barwnika Witta. Zgodnie z teorią Pleca własności wybuchowe danego związku zależą od obecności określonych grup strukturalnych zwanych przez niego eksplozoforami, natomiast auksoeksplory wzmacniają lub zmieniają własności wybuchowe spowodowane przez eksplozofory. Lothrop i Handrich (1948) wprowadzają także termin plozofor, za pomocą którego, analogicznie do chemii barwników, określają grupę atomów tworzącą z węglowodorami związki wybuchowe. Dzielą oni je na pierwotne, obejmujące związki estrowe kwasu azotowego, nitroaromatyczne, nitroalifatyczne i nitroaminy oraz wtórne, obejmujące wszystkie pozostałe

grupy, jak azotowe, notrozowe, azydki, nadtlenki, nadchlorany itd.

wybuch podwodny, wybuch ładunku mat. wybuch. umieszczonego *pod powierzchnią wody. Jest to szczególny* przypadek, z którym mamy do czynienia, gdy: 1) ładunek mat. wybuch. i obciążany wybuchem obiekt ze wszystkich stron otoczone są wodą (np. wrak zatopionego okrętu); w tym przypadku siła niszcząca ładunku wybuchowego jest *nieporównywalnie* mniejsza niż takiego samego ładunku na powierzchni; 2) ładunek mat. wybuch. znajdujący się pod wodą kruszy (obciąża) obiekt pływający, wypełniony powietrzem (np. działanie torpedy na ścianę jednostki pływającej); *w tym przypadku uderzenie* fali detonacyjnej z zewnątrz (od strony wody) przez pancerz w kierunku do wnętrza znacznie wzmacnia siłę; 3) ładunek mat. wybuch. oraz wypełniony powietrzem obiekt znajdują się w pewnej odległości od siebie (np. bomby głębinowe *i miny akustyczne umieszczone* na niewielkiej głębokości na dnie, skierowane przeciw okrętom); w tym przypadku rozchodząca się w wodzie fala uderzeniowa może wywrzeć niszczące działanie w odległości kilkunastu metrów.

wybuch podziemny, wybuch ładunku wybuchowego pod powierzchnią ziemi. W czasie w.p. powstaje lej w postaci stożka, którego kształt i wielkość zależą od rodzaju gruntu, mat. wybuch. oraz głębokości umieszczenia ładunku. Stosując wybuch podziemny *można przyspieszyć wykonanie prac* ziemnych (kopanie rowów, sadzenie drzew, spulchnianie gruntów, prace saperskie).

wybuch ukierunkowany, wybuch mat. wybuch., podczas którego strumień gazów i fala detonacyjna rozprzestrzeniają *się w ściśle określonym* kierunku. Uzyskuje się to przez stosowanie ładunków kumulacyjnych.

wybuch w budowie tunelu pod Mont Blanc, budowę tunelu pod Mont Blanc, najwyższym w Europie szczytem górskim, prowadziły dwie ekipy — *francuska i włoska.* Tunel o długości 11,6 km skrócił drogę pomiędzy Francją i Włochami, wymagającą uprzednio 400 km objazdu. Ekipa francuska zastosowała do prac *urządzenie o nazwie Jumbo.* Była to 80-tonowa, 3-piętrowa konstrukcja, na której platformie umieszczono 15 wielkich świdrów automatycznych, spoczywających na specjalnych dźwigarach. Urządzenie było automatycznie sterowane. Świdry zaopatrzone były w tzw. *florety o długości 4,2 m,* które mogły wykonywać w ścianie 6—8 otworów w ciągu 1,5 godz. Bateria świdrów wiercących otwory kilkucentymetrowej średnicy uzupełniona była świdrem-gigantem, który pośrodku rozbijanej ściany skalnej drążył otwór o średnicy 20 cm. *Wszystkich otworów w ścianie* było 121. Po załadowaniu otworów strzałowych następowało elektryczne odpalanie ich. Prowadzono je seriami, stosując sekundowe opóźnienia pomiędzy poszczególnymi grupami odpalanych zapalników. W 20 min. po wybuchu *powietrze było już oczyszczone* za pomocą potężnych urządzeń wentylacyjno-wyciągowych. Po usunięciu urobku operację powtarzano. *Jumbo* w ciągu doby przebijał ok. 12 m.b. tunelu.

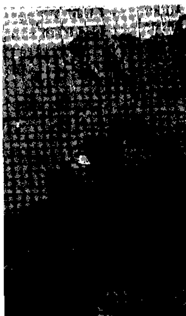
wybuch w górnictwie, górnictwo jest najważniejszą dziedziną spośród *bardzo wielu zastosowań* wybuchu. Obecnie ponad 90% produkowanych na świecie mat. wybuch. wykorzystuje się w celu wydobywania bogactw naturalnych. Mat. wybuch. zaczęto stosować w górnictwie już w XVII w. Zdaniem rosyjskiego uczonego J. Szlattera, *żyjącego współcześnie z Łomonosowem*, mat. wybuch. zaczęto stosować w Rosji do wydobywania rud około 1617 r., na Śląsku w 1672 r., w Anglii w 1670 r., zaś we Francji około 1679 r. Wraz z pojawieniem się dynamitu, tj. około stu lat temu, rozpoczęła się *nowa era w zastosowaniach mat.* wybuch. w wydobyciu kopalin. Według statystyk obecnie 3/4 światowego wydobycia kopalin oparte jest o wykorzystanie energii wybuchu. Prace strzałowe prowadzone są także w kopalniach odkrywkowych. W ZSRR corocznie *oddzielanych jest od masywu i roz-*

[illegible]anych *metodą wybuchową* około 2 miliardów m³ skał. Przy współczesnych sposobach prowadzenia robót strzałowych ilość energii wybuchu wydatkowanej na wydobycie 1 m³ skały równa jest około *1/100 części energii*, wydatkowanej przez górnika w przeciągu dnia pracy. Mat. wybuch. mogą do 10 000 razy przyspieszyć tempo wydobywania kopalin w porównaniu z tradycyjnym sposobem wydobycia ręcznego. Technika prowadzenia prac strzałowych polega na tym, że w węglu lub rudzie wywierca się otwory strzałowe poziome lub nachylone o długości do 5 m. Otwory te znajdują się w pewnej odległości od siebie, wg tzw. *metryki strzałowej*. *Następnie* wprowadza się do nich ładunki wybuchowe z zapalnikami. Pustą przestrzeń otworu między wlotem a ładunkiem wypełnia się tzw. przybitką strzałową, najczęściej wykonaną z namoczonej, gęstoplastycznej gliny. Może to być także mokry piasek bądź woreczki z wodą. Przybitka szczelnie zamyka otwór strzałowy i uniemożliwia zbyt wczesne wydostanie się gazów wybuchowych. Kolejno przeprowadza się wybuch lub serię wybuchów. Po oczyszczeniu terenu z rozdrobnionej masy operację powtarza się. Ponieważ otworów są setki lub tysiące, ręczne ładowanie ich jest bardzo uciążliwe. *Dlatego obecnie istnieje duże zainteresowanie* mechanizacją robót strzałowych. M.in. służy temu fabryczne wykonywanie ładunków mat. wybuch. do prac górniczych w postaci naboi. Pozwala to na łatwe i szybkie wprowadzanie ich do otworów.

wybuch w poszukiwaniach sejsmicznych, ważną gałęzią geofizyki są poszukiwania oparte na badaniach drgań powstałych w ziemi w czasie wybuchu. Od miejsca podziemnego *wybuchu rozprzestrzeniają się fale zaburzeń*, które mogą być zapisane przez czułe sejsmografy w odległości setek, a nawet tysięcy kilometrów. Prędkość i charakter ruchu fal sejsmicznych zależy od własności skał. Zważywszy na to, że siłę takiego wybuchu można dokładnie dozować, wówczas nie spowoduje on katastrofalnych skutków, jak w przypadku naturalnego trzęsienia ziemi. Energia niszczącego trzęsienia ziemi równoważna jest energii wybuchu setek megatonowych ładunków mat. wybuch., *natomiast do sejsmicznych* poszukiwań kopalin stosuje się wybuchy ładunków o masie kilkudziesięciu kg. Metoda poszukiwań sejsmicznych jest dość prosta. Do płytkiego otworu zakłada się ładunek *mat. wybuch.* i pobudza do wybuchu, po czym rejestruje się fale sprężyste rozprzestrzeniające się w warstwach ziemi. Operację powtarza się w pewnej odległości (kilkuset metrów do *kilku* kilometrów). Niewielkie urządzenie badawcze *mieści* się na dwóch samochodach, przy czym jeden należy do wybuchowca, zaś drugi do badacza — sejsmologa. Z ciekawostek należy odnotować, że kosmonauci amerykańscy *zastosowali wybuchy ładunków mat.* wybuch. do badania naturalnych bogactw Księżyca. Ponadto uczeni radzieccy w 1957 r. po raz pierwszy z powodzeniem zastosowali wybuch w celu ustalenia grubości podwodnej części gór lodowych.

wybuch w pracach ziemnych, do niedawna wybuch w budownictwie stosowano jedynie w celu rozkruszania skał. Po opanowaniu techniki ukierunkowanego wybuchu stało się jasne, *że mat. wybuch. nie tylko może* rozbijać wszystko wokół, ale także przemieszczać ogromne masy gruntów o różnej spoistości w dowolne miejsce. Od tego czasu zaczęto w szerokim zakresie stosować *wybuch* przy budowie kanałów i tam, przy likwidacji wzniesień, wykorzystywać go w robotach hydrotechnicznych i irygacyjnych. Pierwszy superwybuch przeprowadzono w 1934 r. podczas budowy linii kolejowej do kopalni w rejonie sucząńskim w ZSRR. *Wykonaniu* prac na przełęczy górskiej przeszkadzał szczyt, którego nie można było ominąć, należało go zatem usunąć. W skale na odcinku o długości 250 m rozmieszczono 257 t ładunków prochowych. *Wykorzystanie* energii mat. wybuch. jest szczególnie cenne przy ogromnych objętościowo

pracach na trudno dostępnych obszarach górskich. Łatwiej dostarczyć do takich miejsc mat. wybuch. i pewną ilość sprzętu potrzebnego do przygotowania otworów strzałowych niż wielkie maszyny do prac ziemnych, zabezpieczyć paliwo dla nich itp. Zalety metody wybuchowej widać wyraźnie, gdy dużą ilość pracy należy wykonać w krótkim czasie. Przykładem może być oryginalne rozwiązanie inżynierskie, jakie zastosowano w trakcie budowy zapory wodnej dla węzła bajkalskiego na rzece Wachsz w ZSRR. Zaporę wykonano za pomocą wybuchu w ciągu kilku godzin (koryto rzeki osuszono zamykając spływ wody z wyżej położonej zapory). Pozwoliło to uniknąć konieczności budowy tunelu obwodowego dla przeprowadzenia wód rzeki na okres budowy zapory. W twardych gruntach coraz częściej stosuje się wybuchowy sposób wykonywania rowów potrzebnych do budowy linii cieplowniczych, drenażowych lub kanalizacyjnych. Wybuch także znalazł zastosowanie w pracach melioracyjnych. Kanały melioracyjne przy zastosowaniu tradycyjnych metod buduje się powoli, przy czym w trakcie jesiennej szarugi i wiosennych roztopów prac takich prowadzić nie można. Powszechnie stosowana technologia wybuchowa posiada pewne mankamenty, polegające na tym, że otwory strzałowe wykonuje się według typowej metryki. Następnie umieszcza się w nich ładunki wybuchowe i pobudza do wybuchu w seriach, do stu ładunków w serii. Po zakończeniu prac strzałowych kanał jeszcze nie jest gotowy, gdyż istnieje łańcuch kraterów z wysokimi przegrodami między nimi. W celu usunięcia ich oraz wyrównania dna należy użyć maszyn roboczych. Kilka lat temu w Instytucie Hydrodynamiki i Melioracji w ZSRR opracowano nową metodę budowy kanałów nawadniających i osuszających za pomocą wybuchu poziomych, ciągłych ładunków wybuchowych. W tym celu wykorzystuje się urządzenie do układania drenów, do ostrza (noża) którego przymocowuje się rurę z tworzywa



Wykonywanie wykopu

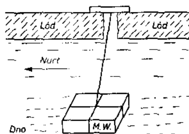
sztucznego, napełnioną sypkim mat. wybuch. W trakcie holowania urządzenia przez ciągnik nóż wykrawa w ziemi szczelinę, w którą wprowadza się przewód z mat. wybuch. Następnie ciągnik wraca i gąsienicami zasypuje rowek. Badania wykazały, że zużycie mat. wybuch. przy stosowaniu tego sposobu układania ładunków jest znacznie mniejsze niż w przypadku metody tradycyjnej. Sposób ten jest szczególnie efektywny zimą, gdyż nie potrzeba stosować przewodu z tworzywa sztucznego — mat. wybuch. usypuje się bezpośrednio do szczeliny wykonanej w gruncie. W ostatnich latach znacznie wzrosło zainteresowanie podziemnymi komorami z uwagi na rosnącą potrzebę posiadania różnego rodzaju magazynów i schronów. Mogą one służyć jako magazyny paliw, zamrażalnie, schrony, urządzenia militarne, urządzenia do oczyszczania ścieków, magazyny różnych produktów, garaże podziemne,

magazyny sprzętu itp. Wykonuje się je przez zdetonowanie, w określonych miejscach w ziemi, ładunków wybuchowych.

wybuch w procesie wulkanizacji, w wyniku działania fali uderzeniowej łączą się długie molekuły kauczuku bez pomocy siarki. Surowy kauczuk w przeciągu jednej stutysięcznej sekundy oddziaływania wybuchu przemienia się w końcowy produkt — gumę (wulkanizuje się). Nieduże dodatki siarki powodują wzrost wytrzymałości gumy na zużycie.

wybuch w sadownictwie, spulchnianie gruntu wybuchami ładunków mat. wybuch. przed sadzeniem drzew, *zwłaszcza na gruntach* twardych, daje dobre wyniki. Spulchnia się otaczający grunt, co sprzyja rozwojowi korzeni. Stosuje się w tym przypadku otwory strzałowe o głębokości średnio około *80* cm, *zaś masa ładunku mat. wybuch.* wynosi około 150 g. Także przy odmładzaniu drzew owocowych można grunt wokół nich spulchnić sposobem wybuchowym; według zaleceń szwedzkiej firmy *Nitro-Nobel AB* ładunki należy umieszczać na obrysie konturu korony drzew. Tym razem stosowane są słabsze ładunki o masie 50—100 g, umieszczane w otworach o głębokości *60—80 cm.*

wybuch w usuwaniu zatorów lodowych, najbardziej bezpieczną metodą kruszenia lodu jest zakładanie ładunków pod lodem. Najskuteczniejsza głębokość założenia ich wynosi



Schemat założenia ładunku pod lodem

1,25 *m* z wyjątkiem przypadków, gdy głębokość wody pod lodem jest mniejsza. Wówczas ładunki umieszcza się w połowie grubości warstwy wody. Duże kry lodowe niszczy się zazwyczaj silnymi ładunkami zewnętrznymi, położonymi na powierzchni lodu.

wybuchy gazów pożarowych, dym pożarowy zawiera drobne cząstki węgla nadające mu ciemną barwę oraz wiele gazów palnych, które z powietrzem tworzą mieszaniny wybuchowe. Granice wybuchowości tych mieszanin przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym, wyrażone w procentach objętości są następujące: dla wodoru (H_2) od 4,1 do 74,2%, tlenku węgla (CO) od 12,5 do 75,0%, metanu (CH_4) od 5,3 do 13,9%, etanu (C_2H_6) od 3,1 do 15,0%, propanu (C_3H_8) od 2,4 do 9,5%, siarkowodoru (H_2S) od 4,5 do 45%. Warunkami wybuchu mieszaniny gazów pożarowych są: odpowiednie stężenie gazów palnych (np. H_2, CO, CH_4) w powietrzu, dostateczna ilość tlenu (większa od 8% w gazach pożarowych), temperatura zapalenia nie mniejsza od temperatury wybuchowości, która przy normalnym ciśnieniu wynosi dla: wodoru 510°C, tlenku węgla 610°C, metanu 537°C, etanu 510°C, propanu 466°C. Zapobieganie powstawaniu w.g.p. polega na wyeliminowaniu co najmniej jednego z tych trzech czynników pożarowo-wybuchowych. Aby uniknąć w.g.p., należy stosować odpowiednią profilaktykę (np. strefy opylania, zapory pyłowe, przewietrzanie wyrobisk, otamowywanie wyrobisk, którymi płynie powietrze do miejsc o dużym stężeniu gazów pożarowych, wprowadzanie do pola tamowego dużych ilości gazów obojętnych (np. azotu).

wybuchy metanu, metan (CH_4), zwany często gazem błotnym, jest gazem palnym, bez smaku i zapachu, nie trujący, lżejszy od powietrza, o masie właściwej *0,72* kg/m³. *W* pokładach węgla powstaje podczas procesu uwęglania substancji organicznej, roślinnej. Może występować we wszystkich skałach, które zawierają produkty uwęglenia, w tym przede wszystkim

w pokładach węgla. Uskoki umożliwiające migrację metanu i zamknięte nadkładowymi warstwami nieprzepuszczalnymi mogą spowodować, że w partiach przyuskokowych pokładów wyżej leżących metanowość jest wyższa aniżeli w podobnych partiach pokładów niżej zalegających. Metan dostaje się do wyrobisk górniczych poprzez spokojne wydzielanie się z calizny węglowej, wzmożony wypływ z calizny węglowej, połączony z charakterystycznym szumem i trzaskami — gwałtowne wydzielanie się ze szczelin (zjawisko tzw. fukaczy), gwałtowny wyrzut z pokładów najbardziej metanowych. Jako gaz lżejszy od powietrza gromadzi się w górnych częściach wyrobiska. Gdy pod stropem chodnika na większej jego długości utworzy się cienka warstwa metanu, nazywa się ją lontem metanowym. Lont ten przenosząc płomień może być przyczyną zapalenia mieszaniny wybuchowej. Metan zmieszany w odpowiednim stosunku z powietrzem tworzy mieszaninę wybuchową. Granice wybuchowości takiej mieszaniny wynoszą od 5 do 14% objętościowej zawartości CH_4, przy czym najsilniejszy wybuch następuje, gdy w mieszaninie wybuchowej znajduje się objętościowo 9,5% metanu.

wybuchy mieszanin gazowych, rozwój reakcji palenia i wybuchu mieszanin gazowych przebiega według schematu cieplnego lub łańcuchowego. Czasami spotykamy kombinację tych procesów i wybuch rozwija się według złożonych schematów łańcuchowo-cieplnych. Wybuchy cieplne, dla których charakterystyczna jest duża energia aktywacji, przebiegają w wysokich temperaturach. Reakcje łańcuchowe zachodzą zwykle przy niskich temperaturach, nawet minusowych. W teorii cieplnej powstawania wybuchu zakłada się, że ilość ciepła wydzielającego się w trakcie reakcji jest większa od strat ciepła na drodze przekazu do ośrodka otaczającego. Wraz z wydzielaniem ciepła wzrasta temperatura gazu i w rezultacie, zgodnie z prawem Arheniusa, nieprzerwanie wzrasta szybkość reakcji, aż do powstawania wybuchu. Podwyższenie temperatury początkowej mieszaniny, przy stałym ciśnieniu, rozszerza obszar zapłonu. W celu przeciwdziałania temu do mieszaniny dodaje się gazy obojętne, które powodują wzrost jej pojemności cieplnej. Obniża się przy tym temperaturę, a w rezultacie zmniejsza szybkość reakcji. Po wprowadzeniu gazów posiadających wysoką przewodność cieplną, np. helu, następuje szybkie odprowadzenie ciepła. W związku z tym obniża się koncentrację reagujących ośrodków, głównie tlenu, co także zmniejsza szybkość przebiegu reakcji. Przyspieszenie wielu reakcji może zachodzić także nie w wyniku wydzielania ciepła, lecz na skutek nagromadzenia się pewnej ilości produktów przejściowych (schemat łańcuchowy). Wówczas energia reakcji zużytkowana jest na powstawanie swobodnych atomów lub rodników, które zdolne są przyspieszać reakcję, bez zauważalnego podwyższania temperatury. Posiadając zwiększoną zdolność reagowania, atomy i rodniki łatwo wstępują w reakcję z molekułami materiału wyjściowego. Powstaje przy tym produkt końcowy oraz jeden lub kilka nowych, aktywnych centrów. Rozgałęziona reakcja łańcuchowa może prowadzić do wybuchu. Jeśli liczba przerwań łańcucha jest większa od liczby powstających aktywnych centrów, to reakcja gaśnie.

wybuchy mieszanin parogazowych, mieszaniny parogazowe spotykamy często w życiu codziennym w postaci pary: benzyny, propanu, butanu i innych. Mieszaninę pary benzyny z powietrzem jest o wiele łatwiej pobudzić do wybuchu niż samą benzynę. Jest ona bardziej wrażliwa na działanie bodźców inicjalnych w porównaniu z przemysłowymi mat. wybuch. Benzyna jest cieczą, która staje się lotna w temperaturze otoczenia. Można ją zatem zmieszać z powietrzem, bez wstępnego przetwarzania. Zdolności wybuchowe mieszanin pary benzyny z powietrzem zostały wykorzystane w silnikach cieplnych, które poruszają ogromną ilość pojazdów

mechanicznych. Są to silniki wysokoprężne, o wymaganym stopniu sprężania rzędu 15, lub silniki z zapłonem iskrowym o stopniu sprężania rzędu 7. Cechą charakterystyczną silnika wysokoprężnego jest samoczynny zapłon mieszanki wywołany wzrostem temperatury uzyskiwanym przez szybkie i silne sprężenie powietrza. Jednakże wybuch musi nastąpić w określonej chwili i odbywać się w takich warunkach temperatur i ciśnienia, które jesteśmy w stanie opanować. W celu uniknięcia detonacji nie należy przekraczać określonej temperatury oraz pewnego określonego ciśnienia. W praktyce aby zmniejszyć detonowanie (stukanie) silnika wysokoprężnego, przy określonym paliwie i stopniu sprężania, należy zmniejszyć prędkość rozpylania paliwa w powietrzu. Przy pewnej prędkości rozpylania prędkość spalania staje się na tyle mała, że stukanie zmniejsza się do dopuszczalnego poziomu. Nie należy jednak zbytnio przekraczać tej dopuszczalnej granicy, jeżeli nie chcemy spowodować szybkiego powstawania w dużych ilościach węglowodorów o niskich wykładnikach. Może powstać nawet C_1, tj. wolny węgiel, którego prędkość utleniania w dowolnym stopniu sprężania jest tak mała, że istnieje obawa niecałkowitego jego spalenia. Dolną granicą dopuszczalnego stukania jest pojawienie się zbyt obfitego, czarnego dymu.

wybuch mieszanin pyłopowietrznych, wybuchowość tych mieszanin zależy od składu dyspersyjnego pyłu, nierównomierności rozkładu pyłu w objętości badanej mieszaniny, zdolności do rozkładu i gazyfikacji, składu i ilości gazotwórczych produktów rozkładu i gazyfikacji. Granica zapłonu mieszanin pyłopowietrznych w znacznym stopniu zależy od wielkości cząsteczek pyłowych. Im mniejszy pyłek, tym niższa jest granica jego zapłonu, gdyż zwiększa się powierzchnia reakcji. Wraz z tym zwiększa się przegrzewanie, rozkład i wydzielanie produktów gazowych, które w rezultacie określają możliwość zapłonu mieszaniny. Ustalono, że zapłon mieszanin pylopowietrznych jest analogiczny do zapłonu mieszanin gazowych wówczas, gdy wymiary cząsteczek pyłu i ich dyspersyjności nie wykazują wpływu na granicę przedziału zapalności mieszaniny.

wybuchy proszków metali, przyczyną tych wybuchów jest zapylenie powietrza w metalurgii proszków. Stosowane w przemyśle metalurgicznym i zakładach spawalniczych proszki ferrokrzemu, ferromanganu, ferrotytanu, ferrochromu i krzemianu wapniowego otrzymywane są z dużych kęsów materiału. Na proces technologicznego przygotowania proszków składają się: rozdrabnianie, mielenie i przesiewanie. W trakcie tych czynności powstają mieszaniny gazowe, które przy odpowiednich koncentracjach cząsteczek w okolicy przypadkowego źródła zapłonu mogą wybuchnąć. Proces wybuchu cieplnego proszków dyspersyjnych przebiega w wyniku intensywnej reakcji egzotermicznej utleniania materiału. W związku z tym na charakter wybuchu i na jego przebieg przede wszystkim wpływa zawartość tlenu w ośrodku gazowym. Zmniejszenie zawartości tlenu obniża wybuchową aktywność aerozawiesiny proszków. Istotny wpływ na zapalność proszków metali ma także utleniająca się warstewka, okrywająca poszczególne cząstki. Warstewka ta powstaje w wyniku procesu powierzchniowego utleniania się w powietrzu lub innym gazie metalu, z którego wykonany jest proszek. Zapłon zwykle powstaje z jednoczesnym naruszeniem struktury warstewki tlenku metalu (warstwy utlenionej). Przebiega to wraz z gwałtownym wzrostem dyfuzji utleniacza do nieutlenionego jądra cząsteczki. Silnie utleniające się metale posiadają wysokie ciepło powstawania ich tlenków. Wskazuje to na konieczność istnienia tlenków w postaci bardzo stabilnych połączeń w fazie stałej, tzn. powinny być one ognioodporne. Zatem podczas procesu spalania w płomieniu będzie zawsze znajdować się pewna ilość metalu i jego utleniacza w fazie stałej. Warunkuje to większość szczególnych

cech procesu spalania metalu. Rozprzestrzenianie się płomieni w aerozawiesinach, będących zawiesiną cząsteczek w powietrzu, posiada charakter warstwowy, tzn. polega na kolejnym zapalaniu przez gorącą aerozawiesinę sąsiedniej warstwy mieszaniny.

wybuchy pyłów kopalnianych, pyły kopalniane są to drobne ziarna węgla i skał płonnych o średnicy od 0 do 1 mm. Powstają w wyniku kruszenia się węgla i skał, głównie zaś podczas urabiania skał, ładowania i transportu urobku oraz podczas wykonywania podsadki suchej. Kruszenie węgla i skał następuje także w wyniku działania ciśnienia górotworu, tąpnięć oraz wyrzutów gazu i węgla. Pyły kopalniane stanowią podwójne zagrożenie dla załogi, a mianowicie zagrożenie wybuchowe mieszaniny pyłu węglowego i powietrza oraz zagrożenie chorobowe. Pył węglowy suchy o średnicy ziarna poniżej 1 mm i zawartości części lotnych (gazowych) powyżej 12% tworzy wraz z powietrzem mieszaninę wybuchową. Przybliżone granice wybuchowości wynoszą od 45 do 1000 g unoszącego się pyłu węglowego w 1 m^3 powietrza. Najsilniejszy wybuch następuje przy zawartości 300—500 g pyłu w 1 m^3 powietrza. Zagrożenie wybuchami pyłu węglowego jest większe w kopalniach, gdzie występuje metan. Wynika to z tego, że w procesie tworzenia się mieszaniny wybuchowej pył i metan w pewnych warunkach uzupełniają się. Wybuch następuje w przypadku zapalenia mieszaniny wybuchowej. Warunki takie mogą powstać np. po odpaleniu nabojów w otworach strzałowych z nienależycie wykonaną przybitką, podczas lokalnego wybuchu mieszaniny powietrza i gazów wybuchowych itp. Niebezpieczeństwu wybuchu pyłu węglowego zapobiega się przez: ograniczenie ilości wytwarzanego pyłu i zmniejszanie jego lotności, przeciwdziałanie rozwojowi i rozprzestrzenianiu się powstałego wybuchu. Sposoby te wzajemnie się uzupełniają.

wybuchy pyłów spożywczych, najbardziej wybuchowe są pyły mąki, krochmali i dekstryn o niskiej zawartości substancji niepalnych. W warunkach zalegania ulegają one znacznie trudniej zapaleniu, natomiast łatwiej w postaci aerozolu. Wybuch aerozolu mąki, krochmalu lub dekstryny wywołuje wzrost ciśnienia do wartości 0,68—0,74 MPa (6,8—7,4 atm) w ciągu tysięcznych części sekundy, co jest właściwą przyczyną zniszczenia otoczenia. Prędkość czoła fali ciśnieniowo-uderzeniowej osiąga wartość do 1000 m/s. Analiza warunków i sytuacji, w jakich zaistniały spalenie i wybuchy pyłów spożywczych wykazała, że w każdym przypadku podstawową przyczyną było powstanie zbyt dużej koncentracji pyłów w mieszaninie z powietrzem. Analiza powstania, przebiegu zapaleń i w.p.s. wykazała także, że należy oddzielnie rozpatrywać samozapalenie się pyłów nieruchomych oraz zapalenie się i wybuchy pyłów wprawionych w ruch. Pyły nieruchome, tj. osiadłe i składowane, mają tendencję do samozapalania się. Pyły leżące nawet w cienkiej warstwie absorbują tlen z powietrza przez ziarenka wewnętrznej warstwy i nie mogąc oddawać ciepła na zewnątrz (zależnie od przewodności cieplnej) aktywizują sąsiednie ziarna, co doprowadza do wzrostu temperatury wewnętrznych warstw aż do wystąpienia tlenia się pyłu, zwanego często zażarzeniem się. Dla niektórych pyłów temperatury wewnętrzne w pokojowej temperaturze otoczenia wzrastają bardzo wolno, rosną jednak szybciej przy większych rozdrobnieniach oraz przy zanieczyszczeniu pyłów lub powietrza parami palnymi albo gazami. Duży wpływ na prędkość narastania temperatury wewnętrznych warstw pyłu ma także temperatura powierzchni, na której osiada pył. Szczególnie niebezpieczne są pyły ruchome, unoszące się w postaci zawiesin w powietrzu. Ich pojawienie się może być wynikiem samozapalenia się pyłu nieruchomego, połączonego z tzw. wyfuknięciem, tzn. rodzajem wybuchu, który podnosi częściowo i nieznacznie ciśnienie, wywołując podmuch w otoczeniu. Podmuch

podrywający pyły może być też wywołany w wyniku nieprawidłowej wentylacji lub aspiracją, przeciągiem itp. Podrywane pyły unoszą się w powietrzu tworząc chmury pyłowe o stężeniu wybuchowym. Jednak wybuch takiej nie palącej się jeszcze chmury pyłowej musi mieć źródło zapalenia. Mgła pyłowa wybuchowa jest tylko wówczas, gdy osiągnięte zostanie minimalne stężenie w bezpośredniej bliskości źródła pobudzenia w momencie jego powstawania. Temperatura powierzchni, od której zapała się pył spożywczy, jest z reguły wyższa niż temperatura tlenia się pyłu nieruchomego (osiadłego), tzn. że musi być co najmniej równa wartości tzw. temperatury samozapalenia. Jeżeli w otoczeniu miejsca zapoczątkowania wybuchu znajdują się odpowiednie ilości pyłów osiadłych lub nagromadzonych, to fala ciśnienia wywołana wybuchem powoduje uniesienie tych pyłów w powietrze. Powstają więc warunki przeniesienia się wybuchu, który z dużą prędkością rozprzestrzenia się na wszystkie zapylone pomieszczenia i instalacje technologiczne. Większość w.p.s. w zakładach przemysłowych zapoczątkowana jest przez przypadkowe uniesienie obłoku pyłu w obecności inicjatora. Każdy otwarty płomień, iskra lub gorąca powierzchnia, tak jak przegrzane łożysko mogą spowodować zapalenie pyłu. Niemal natychmiastowe spalenie się rozproszonej chmury pyłu stanowi wybuch. Ta spalająca się chmura wyzwala energię cieplną i falę ciśnienia (falę uderzeniową), która może wzbić w powietrze pył dodatkowy, co zwykle powoduje dalsze wybuchy o wzrastającej mocy. Zasadniczym źródłem pobudzenia wybuchu jest iskra, pochodząca z energii mechanicznej, elektrycznej czy też elektrostatycznej. Dużego znaczenia nabiera więc odprowadzanie energii elektrycznej (elektryczności).

wybuchy w kopalniach, w górnictwie mamy do czynienia z różnego rodzaju wybuchami gazów. Powietrze kopalniane jest mieszaniną powietrza atmosferycznego i wydzielających się gazów. Gazy zmieszane z powietrzem tworzą mieszaniny wybuchowe. Do gazów powodujących w kopalniach zagrożenie wybuchowe należą: metan CH_4, wodór H_2, tlenek węgla oraz ciężkie węglowodory C_mH_n, np. etan C_2H_6 i propan C_3H_8.

wybuchy w przemyśle, niektóre z procesów przemysłowych w całości, inne w części mogą zawierać element grożący wybuchem. W procesie otrzymywania (wytwarzania) i przetwarzania różnych materiałów sproszkowanych, niekonieczne metalowych, powstają zawiesiny fazy stałej w gazie. W określonych warunkach mogą one ulec zapłonowi i wybuchnąć. Podwyższone ciśnienie, powstające przy wybuchu, może osiągnąć poziom niebezpieczny dla życia ludzi i zdolny do zniszczenia oprzyrządowania i obiektów przemysłowych. W gospodarce narodowej liczne zakłady związane są z procesami technologicznymi, przebiegającymi w układach gazodyspersyjnych. M.in. są to zakłady stosujące proszki o niskiej temperaturze zapłonu. Są one niebezpieczne z uwagi na łatwość zainicjowania wybuchu, podczas którego wytwarza się wysokie ciśnienie. Można do nich zaliczyć pyły aluminiowe, magnezu, cyrkonu, tytanu i różnych jego stopów, żelaza i inne. Według oficjalnych danych Narodowego Stowarzyszenia do Walki z Pożarami w USA niebezpieczeństwo wybuchu pyłu istnieje w 28 000 zakładów przemysłowych, w których pracuje łącznie ponad milion ludzi. Wytwarzają one produkty o sumarycznej wartości około 10 miliardów dolarów. Coroczne straty z powodu wybuchów pyłów przewyższają kwotę 100 milionów dolarów. Rozwiązanie problemu ochrony przeciwwybuchowej i przeciwpożarowej w przemyśle jest utrudnione z uwagi na złożoność procesów i mały stopień ich poznania.

wyfuknięcie ładunku, żargonowo przypadek miejscowego wybuchu części ładunku mat. wybuch. Następuje to przy zbyt słabym impulsie pobudzenia. Rozlotowi powstałych produktów re-

akcji przemiany wybuchowej towarzyszy charakterystyczny efekt akustyczny.

Wykowski Wiesław, absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością technologia mat. wybuch., staż podyplomowy we Francji. Pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* rozpoczął przed 1927 r. na oddziale prochów nitrocelulozowych, prowadząc tzw. produkcję mokrą. Od 1932 r. kierownik oddziału prochów nitrocelulozowych, zaś od 1934 r. przeniesiony na budowę nowej fabryki nitrocelulozy w Żabnie k. Tomaszowa. Zginął w czasie II wojny świat. we Francji będąc oficerem WP.

wyładowanie (wybuch) elektryczne w gazie, przepływ silnego prądu elektrycznego w gazie (normalnie będącym izolatorem) pod wpływem silnego pola elektrycznego. Pole to przyspiesza swobodne elektrony, które zderzają się z obojętnymi cząsteczkami i powodują ich jonizację, tzn. wybijają z nich elektrony i wytwarzają swobodne nośniki prądu (elektrony swobodne i jony powstające w wyniku jonizacji), przez co gwałtownie maleje opór elektryczny gazu i rozwija się wyładowanie. Pierwsze krótkotrwałe wyładowanie elektryczne w powietrzu (pod normalnym ciśnieniem) w postaci iskier zaobserwowano już we wczesnym etapie rozwoju badań nad zjawiskami elektrostatycznymi (O. Guericke 1663, Wall 1700, Hawksbee 1705). Postęp badań nad tymi zjawiskami w XVIII w. był ograniczony z powodu braku środków doświadczalnych. Po wynalezieniu ogniwa galwanicznego (A. Volta 1800) odkryto stosunkowo szybko łuk elektryczny (W. W. Pietrow 1802 i niezależnie H. B. Dary 1808), czyli w.e.w g. pod normalnym ciśnieniem. Pierwsze prace doświadczalne * nad wyładowaniem elektrycznym pod zmniejszonym ciśnieniem wykonał M. Faraday (1855) odkrywając wyładowania jarzeniowe. Sytuację radykalnie zmieniło wynalezienie induktora *Ruhmkorffa* w 1851 r. (transformatora), będącego pierwszym źródłem długotrwałego wysokiego napięcia elektrycznego, oraz udoskonalenie pompy próżniowej tak, że za jej pomocą można było osiągnąć odpowiednio niskie ciśnienie. W wyniku podjęcia prac przez wielu uczonych odkryto promienie katodowe (H. Greissler i J. Plucker 1859) i promienie kanalikowe (E. Goldstein 1876), a znacznie później promieniowanie rentgenowskie (W. C. Roentgen 1895). Wyjaśnienie mechanizmu wyładowania elektrycznego było dziełem wielu uczonych. Pierwsze ilościowe badania doświadczalne nad zależnością rozwoju wyładowania elektrycznego w gazie od warunków fizycznych podjął F. Faschen w latach osiemdziesiątych XIX w. W 1914 r. J. S. Townsend, opierając się na wynikach dotychczasowych prac badawczych, zaproponował zderzeniowy mechanizm wyładowania: pole rozpędza elektrony, te zderzając się z cząsteczkami jonizują je, powstają dalsze swobodne elektrony, które również są rozpędzane. Townsend opracował też ilościową teorię jonizacji zderzeniowej w wyładowaniu elektrycznym, zasadniczo aktualną do dzisiaj. Obecnie badania nad w.e.w g. prowadzone są w dwóch kierunkach. Pierwszy z nich to prace nad wyładowaniami w gazach znajdujących się w polach zmiennych wysokiej częstotliwości (wyładowania mikrofalowe), drugi to prace związane z uzyskaniem plazmy (bardzo silnie zjonizowanego gazu) o temperaturze rzędu dziesiątków i setek milionów Kelwinów do badań nad kontrolowaną reakcją termojądrową.

wymiennojonowe materiały wybuchowe, należą do metanitów powietrznych specjalnych, lecz różnią się od nich budową chemiczną. W materiałach tych wykorzystano reakcję pomiędzy saletrą sodową i chlorkiem amonu, w wyniku której powstaje saletra amonowa i sól kuchenna, w najdrobniejszej możliwej postaci cząsteczek NaCl. Powstała saletra amonowa może rozkładać się w sposób detonacyjny na azot, parę wodną i tlen, a sól kuchenna w postaci cząsteczek nadzwyczaj skutecznie utrudnia zapłon metanu. Wspomnianą reakcję pomiędzy saletrą sodową i chlorkiem

amonu przedstawia równanie: $NaNO_3 + NH_4Cl = NaCl + NH_4NO_3$. Przebieg tej reakcji jest możliwy tylko przy dodatku wrażliwego, silnego mat. wybuch., jakim jest nitrogliceryna. Dlatego też w.m.w. posiadają nitroglicerynę w ilości około 10%. Ponadto w skład ich wchodzi niewielki dodatek mączki drzewnej w celu utrudnienia twardnienia mat. wybuch. oraz częściowej sorpcji nitrogliceryny i nadania właściwej konsystencji mieszaninie. Typowym przedstawicielem w.m.w. jest metanit powietrzny specjalny J1 o prędkości detonacji 1520 m/s, ciśnieniu detonacji 16 000 kG/cm², temperaturze gazów 1370°C, wydęciu w bloku ołowianym 100 ml, gęstości do 1,2 g/cm³. Ogromną zaletą tych mat. wybuch. jest ich duże bezpieczeństwo wobec metanu i pyłu węglowego.

wysadzanie kierunkowe, wyrzucanie mas ziemi (skał) w określonym kierunku i na z góry określone miejsce przez odpalenie ładunków mat. wybuch. Stosuje się je przy inżynieryjnej rozbudowie terenu, zwłaszcza przy wykonywaniu zapór ziemnych oraz hydrotechnicznych (zatopienie, zabagnienie).

wysokość wybuchu, najmniejsza odległość od płaszczyzny położenia celu do miejsca, w którym nastąpił wybuch powietrzny ładunku lub pocisku.

wystrzał, patrz strzał.

Wytwórnia Materiałów Wybuchowych i Nitrozwiązków w Łęgnowie, budowę fabryki rozpoczęto przed II wojną światową. W latach 1940—42 Niemcy rozbudowali fabrykę dla potrzeb produkcji m.in. prochu. Zatrudniali przymusowo około 10 tysięcy Polaków z okolicznych miejscowości. Bezpośrednio po zakończeniu II wojny świat. produkowano tam tylko nitrozwiązki.

Wytwórnia Nitrozwiązków w Sarzynie, decyzję o budowie fabryki nitrozwiązków (kwasu pikrynowego i dwunitronaftalenu) podjęto w 1937 r. Obowiązki inwestora, na zlecenie *PWP w Pionkach*, powierzono firmie *Przemysł Chemiczny „Boruta" Sp. Akc.* w Zgierzu. Z ramienia Ministerstwa Spraw Wojskowych nadzór nad budową sprawował radca inż. Wiktor Sommer. Organizowanie Biura Budowy, z siedzibą w Zgierzu, rozpoczęto 1 V 1937 r. Stanowisko dyrektora naczelnego Biura Budowy wytwórni powierzono inż. Stefanowi Raczyńskiemu, który do tego czasu pełnił obowiązki kierownika fabryki nitrogliceryny i materiałów kruszących w *PWP w Pionkach*. Do biura zostali zaangażowani (maj—czerwiec 1937 r.) m.in.: inż. Wacław Pacak, inż. Roman Tworos, inż. Mieczysław Malinowski, Czesław Pakielewicz i J. Krajewska. W początkowej fazie projektowano następujący profil produkcji: 1) kwas pikrynowy z fenolu — 6 t na dobę; 2) kwas pikrynowy z dwunitrofenolu — 6000 t rocznie; 3) dwunitrofenol do produkcji kwasu pikrynowego — 9 t na dobę; 4) dwunitrochlorobenzol do produkcji dwunitrofenolu — 11 t na dobę; 5) dwunitronaftalen — 4000 t rocznie. W każdym budynku produkcyjnym były przewidziane laboratoria międzyoperacyjne. Wykorzystano technologie sprawdzone już w zakładzie *„Boruta"*. Korzystano też z doświadczeń i projektów dopiero zakończonej budowy *Fabryki Celulozy w Żabnie* (Niedomicach) k. Tarnowa, skąd przeszło do Sarzyny kilku wartościowych pracowników. Część personelu przeniesiono tu z *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*. Na wiosnę 1938 r. rozpoczęto prace w terenie, jednocześnie przygotowując plan generalny zakładu z planem dróg, bocznic, budynków itp. Pod koniec 1937 r. została sfinalizowana przez Rząd Polski sprawa pożyczki francuskiej na dozbrojenie kraju. W ramach jej Francja miała dostarczyć Polsce dokumentację i urządzenia dla przemysłu zbrojeniowego, w tym również chemicznego. Dla Sarzyny oznaczało to rozszerzenie profilu produkcyjnego o nowy kompleksowy wydział przeponowej i rtęciowej elektrolizy soli kuchennej, zatężania i topienia ługu sodowego, skraplania i magazynowania ciekłego chloru, produkcję syntetycznego kwasu solnego i inne. W oparciu o własny

chlor postanowiono zbudować oddział chlorobenzenu. Projekty całości, bez oddziału chlorobenzenu, miała dostarczyć firma Krebs and Co z Paryża. Wydział elektrolizy przewidywano dla produkcji 4000 t rocznie, w tym 10% z elektrolizy rtęciowej. Do prowadzenia budowy tego oddziału zaangażowano inż. Bogdana Brodowskiego. Z dniem 1 VII 1938 r. Biuro Budowy wytwórni zostało przeniesione na teren budowy w Sarzynie. 17 XI 1938 r. teren budowy wizytowali przedstawiciele Rządu z wicepremierem inż. E. Kwiatkowskim na czele. W początkach 1939 r. zapadły decyzje o rozszerzeniu profilu produkcyjnego wytwórni. Postanowiono zbudować oddział pentrytu (czteroazotan pentaerytrytu). Do realizacji tej decyzji przeniesiono z *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach* inż. Tadeusza Wesołowskiego. Z firmą *Herman Fischer* (Niemcy) nawiązano kontakty w sprawie budowy instalacji do denitracji i koncentracji kwasu siarkowego ponitracyjnego. Rozpoczęto pertraktacje z firmą *Lêir Liquide* (Belgia) w sprawie zakupu instalacji do produkcji kwasu azotowego. W sierpniu 1939 r. zastępcą kierownika budowy wytwórni został mianowany szef wydziału mechanicznego inż. Wacław Jędrzejewski. Kierownikiem laboratorium analityczno-badawczego miał być dr inż. Marian Słoń, do pracy na oddziale nitrozwiązków miał przejść z *Boruty* mgr Borczewski. Niestety, z powodu wybuchu wojny osoby te pracy w Sarzynie nie podjęły. Do września 1939 r. całkowicie zakończono montaż w dziesięciu budynkach na wydziale nitrozwiązków wraz z magazynami. Wydział elektrolizy był zmontowany w 90%, instalacja do chlorobenzenu w 95%. Zbudowano i kompletnie wyposażono laboratorium analityczno-badawcze. Wszystkie budynki pomocnicze były w eksploatacji. Od momentu wybuchu II wojny świat. do 8 IX załoga przebywała na terenie budowy. Zakład i okolice były kilkakrotnie bombardowane przez lotnictwo niemieckie. 8 IX 1939 r. załoga Sarzyny otrzymała nakaz ewakuacji.

wytwórnie prywatne, rozporządzeniem prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 26 III 1928 r. określone zostały prawa i zadania spółek akcyjnych. W okresie międzywojennym istniały w Polsce spółki akcyjne zrzeszające stowarzyszenia, zakłady, fabryki i wytwórnie prywatne. Działały one w latach 1928—39. Wymienić tu należy: 1) Towarzystwo Starachowickich Zakładów Górniczych Sp. Akc.; 2) Stowarzyszenie Mechaników Polskich z Ameryki Sp. Akc., współpracujące z zakładami wojskowymi w zakresie budowy urządzeń do produkcji broni i amunicji; 3) *Przemysł Chemiczny „Boruta"*, prowadzący budowę *Wytwórni Nitrozwiązków w Sarzynie Sp. Akc.*; 4) *Warszawska Fabryka Wyrobów Blaszanych „Tłocznia" Sp. Akc.*, realizująca zamówienia ze strony władz wojskowych; 5) *Fabryka Wyrobów Metalowych Wacław Czajkowski i Spółka*, produkująca elementy amunicji (części składowe do zapalników), pokrywki preszpanowe do 100 mm łusek działowych, tutki aluminiowe do rakiet 25 mm, bezpieczniki do zapłonnika wz. 97, granaty ręczne i inne; 6) *Polskie Zakłady Chemiczne „Nitrat"* w Niewiadowie, współpracujące z Departamentem Uzbrojenia Ministerstwa Spraw Wojskowych, będące wyłącznym dostawcą trotylu dla wojska; 7) *Zakłady Przemysłowe „Boryszew"* belg. Sp. Akc. k. Sochaczewa, posiadające m.in. fabrykę prochu, w której produkowano prochy ćwiczebne według własnego patentu; 8) Zakład Amunicyjne „Pocisk" Sp. Akc.

X

xytolite, nazwa francuskiego półżelatynowego mat. wybuch.

Y

yoncklit, *nadchloranowy mat.* wybuch. (patrz perdyt), zawierający saletrę amonową i nadchloran amonu, produkowany w czasie I wojny świat. w Belgii i Francji. Dodawanie tłuszczu do tego materiału okazało się zbędne.

yonkite, *handlowa nazwa belgijskiego* mat. wybuch.

yuenyaku, używana w Japonii nazwa prochu czarnego.

Yunck, patrz Bergman.

Z

zabiór, najmniejsza odległość pomiędzy środkiem ładunku a wolną odsłoniętą płaszczyzną.

Zacharewicz Jerzy, 1905—1971, absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością mat. wybuch. (1935). Autor kilkunastu patentów, m.in. dotyczących opracowania sposobu nitrowania węglowodorów aromatycznych do fononitrozwiązków. Ponadto, autor opracowania dotyczącego magazynowania, produkcji i transportu mat. wybuch. Przed II wojną świat. pracował w *Fabryce Mat. Wybuch. w Krupskim Młynie*, następnie przed 1935 r. podjął pracę w Laboratorium Mat. Wybuch. i Prochów Instytutu Technicznego Uzbrojenia w Rembertowie. Po wojnie w wielu zakładach pełnił funkcje naczelnego inżyniera i głównego technika.

Zalesiński Mariusz, ur. 1939 r., absolwent Politechniki Warszawskiej (1965), doktorat na temat detonacji mieszanin pyłu węglowego z utleniaczem gazowym (1976). Specjalista w dziedzinie rozprzestrzeniania się płomienia w mieszaninach pyło-gazowych, fizyki i gazodynamiki rozwoju wybuchu, tworzenia się i rozprzestrzeniania detonacji w mieszaninach pyłowych oraz zwalczania i zapobiegania wybuchom. Autor ponad 30 publikacji naukowych i opracowań poświęconych tematyce spalania i wybuchów. Aktualnie sekretarz zespołu koordynacyjnego problemu resortowego Ministerstwa Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki pt. *Podstawy Procesów spalania i eksplozji*.

Załachowski Wiktor, 1907—1976, absolwent Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu, doktorat z dziedziny chemii na temat kataforezy i elektroosmozy w proszku kwarcowym (1932). Specjalista w dziedzinie chemii fizycznej oraz chemii i technologii mat. wybuch. Autor 13 publikacji, 49 opracowań naukowych, 12 patentów oraz 6 wniosków patentowych. Autor bądź współautor 8 wydawnictw książkowych z zakresu robót strzałowych, zapalników elektrycznych, budowy i użytkowania magazynów mat. wybuch. oraz przepisów bezpieczeństwa w zakresie transportu, składowania i produkcji mat. wybuch. W czasie II wojny świat. pracował w fabryce mat. wybuch. w Bieruniu Starym, po wojnie był kierownikiem Instytutu Przemysłu Organicznego w Krupskim Młynie, gdzie utworzył Stację Badawczą Zapalników i Lontów.

zapalacz chloranowy, dawniej najpopularniejszy środek zapalania lontu prochowego. Wykonywany był z rurki papierowej o średnicy 4—6 mm i długości około 16 cm, wypełnionej masą zawierającą chloran potasu. Z.ch. zapalano otwartym ogniem.

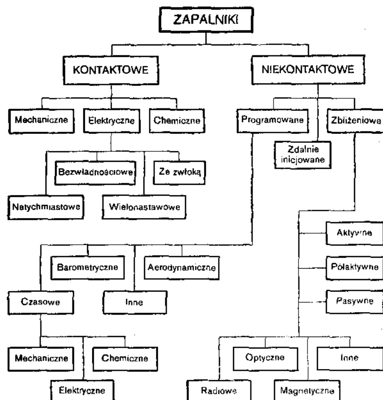
zapalarki elektryczne, urządzenia służące do odpalania zapalników elektrycznych. Rozróżnia się zapalarki przenośne i stacjonarne: przenośne mają własne źródło prądu, stacjonarne są zasilane z sieci elektrycznej. Istnieje wiele sposobów budowy zapalarek. W zależności od zasady ich działania rozróżnia się: zapalarki dynamoelektryczne, stanowiące małe prądniczki,

wywołujące przepływ prądu w obwodzie strzałowym wskutek obrotów uzwojonego wirnika zapalarki w polu magnetycznym stojana; magnetodynamiczne, w których prąd wywołuje się w uzwojeniu cewki przez szybką zmianę strumienia magnetycznego objętego tą cewką; kondensatorowe, które wywołują prąd w obwodzie strzałowym wskutek rozładowywania kondensatora naładowanego *uprzednio do określonego* napięcia; bateryjne, w których źródłem prądu jest własna bateria, np. akumulatory lub ogniwa suche; sieciowe, które czerpią prąd z sieci prądu przemiennego lub stałego. Ponadto wyróżnia się zapalarki skalne, niedostatecznie bezpieczne wobec metanu, oraz powietrzne, wykazujące bezpieczeństwo wobec metanu. Niebezpieczeństwo zapłonu metanu w obwodzie strzałowym występuje wówczas, gdy przewody wolne od izolacji zetkną się ze sobą lub uziemią w momencie znajdowania się pod napięciem, tj. wówczas, gdy przepływa przez nie prąd wytworzony przez zapalarkę. W tych warunkach niemal wszystkie zapalarki bardzo łatwo zapalają metan. Niebezpieczeństwo zapłonu metanu tą drogą zwalcza się przez ograniczenie czasu trwania napięcia w obwodzie.

zapalarki sejsmiczne, zapalarki elektryczne specjalnej konstrukcji stosowane do prac strzałowych w sejsmice. Wytwarzają one wymagany impuls prądowy, umożliwiający rejestrację na sejsmografie momentu przepalenia mostka zapalnika elektrycznego, pobudzającego ładunek mat. wybuch.

zapalnik, urządzenie przeznaczone do spowodowania zapalenia lub wybuchu ładunku bojowego określonego rodzaju amunicji w żądanym miejscu i czasie. Pierwsze z. pojawiły się w epoce dział o lufach gładkich do granatów kulistych napełnionych prochem dymnym. Miały one kształt rurek drewnianych z otworem w środku, do którego wprasowywano czarny proch dymny; wstawiano je w otwór granatu. Zapalano je za pomocą knota od strony wylotu lufy, a następnie zapalano ładunek prochowy wyrzucający granat, albo zapalano ładunek wyrzucający, od którego z kolei zapalał się proch w z. W tym drugim przypadku granat wkładano do lufy działa w ten sposób, że z. skierowany był w stronę ładunku miotającego. Wraz z rozwojem artylerii (działa gwintowane) pojawiły się z. uderzeniowe oraz czasowe pirotechniczne i mechaniczne. Dalszy rozwój techniki wojskowej powodował powstawanie innych rodzajów z., aż do najbardziej skomplikowanych (radiowych, optycznych itd.), które stosowane są we współczesnej technice uzbrojenia. Współczesne z. mają bardzo różnorodną konstrukcję, a ich działanie może być oparte na wykorzystaniu różnych zjawisk fizycznych. Wspólną cechą wszystkich z. jest to, że mają one mechanizmy służące do zapalania odpowiednich spłonek i inicjowania w ten sposób zapłonu lub wybuchu ładunku mat. wybuch. Płomień od spłonki zapalającej z. przedostaje się do ładunku mat. wybuch. przeważnie przez tzw. łańcuch ogniowy (detonacyjny). Jeżeli ładunek jest wykonany z materiału kruszącego, to zadaniem łańcucha ogniowego jest przekształcenie płomienia w detonację. W tym celu dobiera się odpowiednie elementy łańcucha w postaci spłonek, łączników i ładunków pobudzających. W większości przypadków działanie z. w pobliżu celu może nastąpić tylko po jego uzbrojeniu, tzn. po określonym przemieszczeniu elementów w poszczególnych mechanizmach i urządzeniach (uzbrojenie z.). Do amunicji artyleryjskiej, rakietowej, morskiej, lotniczej i innych stosowane są z. kontaktowe (uderzeniowe) i niekontaktowe. W pewnych rodzajach amunicji (np. saperskiej) stosowano z. naciskowe, naciągowe i inne. Do z. kontaktowych należą z. mechaniczne, elektryczne i chemiczne. W zależności od czasu działania, liczonego od chwili zetknięcia się pocisku z celem do chwili wybuchu ładunku bojowego, rozróżnia się zapalniki kontaktowe o działaniu natychmiastowym (0,001—0,0005 s), bezwładnościowym (około

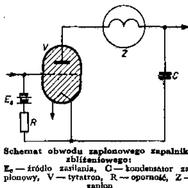
0,005 s) i ze zwłoką (stałą, zmienną lub automatyczną). Często stosuje się z. kontaktowe wielonastawne, za pomocą których można uzyskać kilka wymienionych działań. Natychmiastowe działanie z. uzyskuje się prawie wyłącznie pod wpływem reakcji przeszkody, działanie bezwładnościowe natomiast występuje wskutek przemieszczenia bezwładnika (iglicy, obsady spłonki lub kontaktu bezwładnościowego) pod wpływem siły bezwładności, pojawiającej się w wyniku hamowania ruchu pocisku w przeszkodzie. Działanie z. ze zwłoką uzyskuje się przez włączenie do łańcucha ogniowego elementu opóźniającego pirotechnicznego lub zastosowanie mechanizmu opóźniającego. Z. niekontaktowe wywołują działanie określonego rodzaju amunicji bez kontaktu z celem. Należą do nich z. programowe (parametryczne) zdalnie inicjowane i zbliżeniowe. Parametrem określającym działanie z. programowych może być: czas liczony od chwili startu pocisku (zrzutu bomby itp.) do chwili wybuchu ładunku bojowego, zmiana ciśnienia atmosferycznego wraz ze zmianą wysokości nad powierzchnią ziemi, ciśnienia statycznego słupa wody wraz z głębokością lub ciśnienia aerodynamicznego wraz ze zmianą prędkości lotu pocisku w atmosferze. Z. zdalnie inicjowane



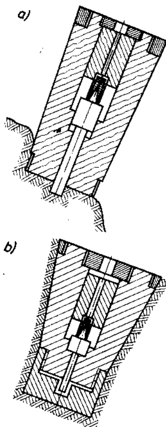
Rodzaje zapalników

Schemat łańcucha ogniowego zapalnika

stosuje się do likwidacji pocisków (np. z głowicami jądrowymi) po stwierdzeniu nieprawidłowości ich lotu (samolikwidator). Działanie z. zbliżeniowych oparte jest na wykorzystaniu zmiany określonego rodzaju zjawiska fizycznego (energii) w funkcji odległości od celu. Z. zbliżeniowe mogą być: 1) aktywne, które wytwarzają określony rodzaj energii, emitują ją w przestrzeń i reagują pod wpływem pewnej części tej energii odbitej od celu (rozproszonej przez cel); 2) półaktywne, działające pod wpływem energii odbitej od celu, ale wytworzonej przez źródło znajdujące się poza zapalnikiem; 3) pasywne, reagujące na energię emitowaną przez sam cel. Z. zbliżeniowe reagują na cel z określonej odległości, a niektóre również przy określonym kierunku; istnieją więc wokół nich tzw. obszary reagowania, które oddziałują na z. zbliżeniowy. W praktyce znajdują zastosowanie głównie z. zbliżeniowe typu aktywnego (np. radiowe) i pasywnego (np. optyczne, magnetyczne). Z. naciskowe działają przy określonej wartości nacisku, a naciągowe na skutek wyciągnięcia odpowiednich bezpieczników (zawleczek) przymocowanych do napiętych linek. Ze względu na bezpieczeństwo podczas eksploatacji i



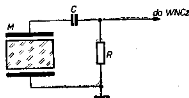
Schemat obwodu zapłonowego zapalnika zbliżeniowego:
E_z — źródło zasilania, C — kondensator zapłonowy, V — tyratron, R — oporność, Z — zapłon



Schemat działania zapalnika uderzeniowego:
a) działanie natychmiastowe, b) działanie bezwładnościowe

strzelania wszystkie z. mają odpowiednie mechanizmy zabezpieczające, których zadaniem jest zapobieganie przedwczesnym wybuchom. W zależności od rodzaju stosowanych urządzeń izolujących od siebie spłonki zapalające i pobudzające z. podzielono na trzy grupy: 1) z. bez zabezpieczenia, 2) z. z częściowym zabezpieczeniem, 3) z. z całkowitym zabezpieczeniem. W z. do pocisków z głowicami nuklearnymi stosuje się urządzenia zabezpieczające wielostopniowe, przy czym każdy ze stopni działa pod wpływem innego czynnika fizycznego (sił bezwładności, ciśnienia aerodynamicznego, impulsu elektromagnetycznego itd.), co ma na celu uzyskanie prawie całkowitej pewności, że nie nastąpi przedwczesny wybuch głowicy. W zależności od umiejscowienia z. w pocisku (bombie itd.) rozróżnia się z. głowicowe, denne, boczne i uniwersalne.

zapalnik akustyczny, zapalnik zbliżeniowy reagujący na energię fali akustycznej wytwarzanej przez cel (np. silniki okrętu lub samolotu). Są to głównie zapalniki typu pasywnego. Rolę odbiornika w z.a. spełnia mikrofon, który przetwarza energię fali akustycznej w energię elektryczną. Z.a. znajdują zastosowanie głównie w minach morskich i torpedach. Zasadniczą ich wadą jest wrażliwość na zakłócenia akustyczne.



Schemat układu odbiorczego zapalnika akustycznego:
M — mikrofon, C — kondensator, R — oporność

zapalnik barometryczny, zapalnik powodujący wybuch pocisku (bomby) na pewnej wysokości nad powierzchnią ziemi. Najbardziej istotnym elementem z.b. jest aneroid, który przy określonym ciśnieniu atmosferycznym zamyka obwód elektryczny, wywołując przez to zapalenie zapału elektrycznego, znajdującego się w zapalniku, który inicjuje wybuch ładunku bojowego.

zapalnik bezwładnościowy, patrz zapalnik o działaniu bezwładnościowym.

zapalnik bez zabezpieczenia, zapalnik o stosunkowo prostej konstrukcji, w którym spłonka zapalająca i pobudzająca nie są od siebie odizolowane. Z.b.z. są stosowane w pociskach ma-

[...]ych kalibrów napełnionych materiałami kruszącymi, także w pociskach doznających małych przyspieszeń podczas strzału.

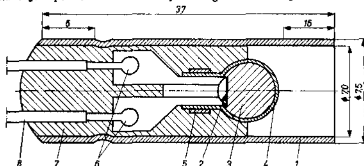
zapalnik bombowy, zapalnik o działaniu natychmiastowym lub ze zwłoką powodujący wybuch bomby lotniczej przez detonację albo zapalenie. Obecnie używa się głównie zapalników uderzeniowych, o działaniu podobnym do działania zapalników artyleryjskich. *W* bombach lotniczych o dużym ciężarze stosuje się kilka *zapalników (głowicowe, boczne,* tylne i wewnętrzne) w celu przyspieszenia wybuchu całego ładunku mat. wybuch. zawartego w bombie.

zapalnik chemiczny, zapalnik, którego działanie oparte jest na wykorzystaniu określonej reakcji chemicznej. Są to przeważnie zapalniki *czasowe;* czas ich zadziałania uwarunkowany jest *przebiegiem reakcji chemicznej.* Reakcja chemiczna w z.ch. może być zapoczątkowana w chwili strzału (np. zapalniki czasowe pirotechniczne) lub po uderzeniu pocisku o przeszkodę (np. zapalniki zawierające różne odczynniki chemiczne w postaci ciekłej, które oddziałują na układy zabezpieczające mechanizmów zapalających i *uruchamiają je po* pewnym czasie).

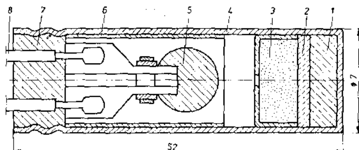
zapalnik czasowy, zapalnik działający po upływie określonego czasu. Do z.cz. zalicza się zapalniki mechaniczne, pirotechniczne, elektryczne i chemiczne. Z.cz. mechaniczny ma odpowiedni mechanizm zegarowy zapewniający żądany czas zadziałania zapalnika. Czas zadziałania z.cz. pirotechnicznego zależy od długości spalającej się ścieżki, wykonanej z masy pirotechnicznej. Natomiast czas zadziałania z.cz. elektrycznego określa stała czasu rozładowania kondensatora układu elektrycznego zapalnika. Wymagany czas zadziałania tego zapalnika uzyskuje się dzięki reakcji chemicznej. Aby uzyskać żądany czas zadziałania z.cz., należy przed strzałem (startem samolotu itp.) dokonać odpowiedniej nastawy.

zapalnik elektryczny, zapalnik, którego działanie oparte jest na wykorzystaniu energii elektrycznej. Ze względu na wykorzystanie różnych *źródeł zasilania spotyka się z.e. z chemicznymi* lub elektrycznymi źródłami prądu oraz kondensatorowe. Z.e. mogą być uderzeniowe lub czasowe. Działanie z.e. czasowego zaczyna się w chwili uderzenia pocisku w cel (przeszkodę), wskutek czego zostaje zamknięty obwód zapłonowy zapalnika. Spośród różnych z.e. najszersze zastosowanie *znalazły zapalniki kondensatorowe i* piezoelektryczne (z mechanicznymi źródłami prądu). W skład z.e. uderzeniowego kondensatorowego wchodzi kondensator akumulujący, kontakt nurnikowy i obwód zapłonowy, w którym znajduje się kondensator zapłonowy i zapał elektryczny, a także zwieracz mechaniczny. Przy zderzeniu się *pocisku z przeszkodą zwieracz mechaniczny* zamyka obwód zapłonowy, w wyniku czego prąd przepływający przez zapał elektryczny powoduje zapalenie zapału i zainicjowanie wybuchu. Z.e. czasowy kondensatorowy ma układ podobny do z.e. uderzeniowego, a różni się od niego tym, że w obwodzie zapłonowym zamiast zwie*racza mechanicznego posiada zwieracz* gazowy. Czas zadziałania zapalnika zależy od wartości napięcia podawanego na kondensator akumulujący przed strzałem i określony jest czasem przeładowania kondensatorów do chwili, gdy różnica potencjałów na kondensatorze zapłonowym osiągnie wartość niezbędną do spowodowania zapłonu *zwieracza gazowego. Zasada* działania z.e. piezoelektrycznego polega na tym, że w chwili zderzenia się zapalnika (pocisku) z przeszkodą element piezoelektryczny jest gwałtownie ściskany, w wyniku czego na jego powierzchniach czołowych pojawia się ładunek elektryczny, który przy odpowiedniej różnicy potencjałów powoduje *zapalenie znajdującego się w obwodzie* zapłonowym zapału elektrycznego i wybuch ładunku bojowego. Z.e. kondensatorowe są stosowane głównie w bombach lotniczych, a zapalniki piezoelektryczne w pociskach przeciwpancernych kumulacyjnych.

zapalnik elektryczny górniczy, zapalnik służący do odpalania spłonek górniczych za pomocą elektryczności. Zasada działania tego zapalnika polega na tym, że prąd elektryczny, przepływający przez cienki drucik żarowy, powoduje jego ogrzanie, a ten z kolei wywołuje zapłon niewielkiej ilości specjalnej masy, która spalając się wytwarza płomień, odpalający spłonkę górniczą. Tej zasadzie działania z.e.g. odpowiada jego konstrukcja (patrz rys.: zapalnik elektryczny prosty bez spłonki). Składa się on z główki, przewodów elektrycznych, tulejki lub łuski, w których zamocowana jest głowica. Główka zapalnika mostkowego wykonana jest tak, że między dwiema izolowanymi od siebie elektrodami znajduje się drucik żarowy zwany mostkiem, z drutu oporowego chromoniklowego o grubości około 0,05 mm. Mostek wraz z elektrodami otoczony jest główką zapalczą, składającą się z masy palnej. Zależnie od podstawowego składnika stosuje się główki rodankowe $[(CNS)_2Pb]$ lub krezolanowe $(C_7H_6O_6N_3Pb)$. Przewody elektryczne doprowadzają prąd do mostka. Tulejka zapalnika może być wykonana z kartonu lub metalu i służy do wsunięcia spłonki. W powszechnie stosowanych obecnie zapalnikach elektrycznych ostrych główka zapalnika wsunięta jest do łuski spłonki (patrz rys.). Do odpalenia z.e.g. konieczne jest pewne minimalne natężenie prądu, poniżej którego zapalnik nie może być odpalony. Według przepisów natężenie to nie może być niższe od 0,2 A. Cechą charakterystyczną z.e.g. jest jego opór. Dla typowych zapalników wynosi on nieco poniżej 3 omów. W trakcie obliczeń przyjmuje się 5 omów. Dla odpalenia serii zapalników potrzebne jest większe natężenie prądu, przeważnie około 0,6 A, przy czym do obliczeń przyjmuje się 1 A. W zależności od konstrukcji, zakresu dopuszczalnego stosowania i różnic między podstawowymi parametrami istnieje sześć linii podziału z.e.g. Stwarza to pewną trudność w ich odróżnianiu, a w szczególności w nomenklaturze. W związku z tym oficjalne nazwy poszczególnych typów zapalników są bardzo długie. Z.e.g. mające tylko tulejkę na wsunięcie spłonki nazywają się prostymi, natomiast zmontowane ze spłonkami nazywają się ostrymi. W zależności od sposobu zachowania się wobec metanu (stopnia bezpieczeństwa) oraz pyłu węglowego rozróżnia się z.e.g.: skalne, węglowe, powietrzne, powietrzne specjalne. Zależnie od czasu detonacji rozróżnia się z.e.g. momentalne oraz czasowe (zwłoczne); sekundowe, półsekundowe, milisekundowe. W rzeczywistości zbadana różnica czasów detonacji zapalników momentalnych waha się w granicach od zera do 11 ms. Z.e.g. można też podzielić na: nor-



Zapalnik elektryczny prosty:
1 — tulejka cynkowa, 2 — drucik żarowy (mostek), 3 — masa zapalcza, 4 — powłoka izolująca, 5 — klamerka mosiężna, 6 — elektrody, 7 — masa niepalna, 8 — przewody



Zapalnik elektryczny mostkowy ostry momentalny:
1 — ładunek wtórny, 2 — podsypka, 3 — ładunek inicjujący, 4 — łuska cynkowa, 5 — główka zapalcza, 6 — tulejka osłaniająca, 7 — korek z masy plastycznej, 8 — przewody

malne, wodoszczelne, ciśnieniowe i termoodporne.

zapalnik hydrostatyczny, zapalnik działający na zasadzie wykorzystania ciśnienia hydrostatycznego. Znajduje on zastosowanie w minach morskich i bombach głębinowych. Po *zrzucie miny (lub bomby) w miarę* jej zanurzania wzrasta ciśnienie statyczne wody *działając na odpowiednie urządzenie* z.h., które w zależności od nastawy powoduje uruchomienie zapalnika i wybuch ładunku mat. wybuch. na określonej głębokości.

zapalniki elektryczne czasowe (zwłoczne), zapalniki, którę między główką zapalnika a ładunkiem pierwotnym spłonki mają wkładkę opóźniającą, zwaną opóźniaczem. Odpalenie główki zapalnika elektrycznego powodujące zapłon opóźniacza, który pali się przez ściśle określony czas, *nazywamy zwłoką. Dopiero po tym* czasie płomień dochodzi do ładunku *pierwotnego i wywołuje detonację spłonki.*

zapalnik kontaktowy, patrz zapalnik uderzeniowy.

zapalnik lontowy, zapalnik przeznaczony do ogniowego odpalania ładunków mat. wybuch. Składa się ze spłonki pobudzającej (detonującej), lontu prochowego wprowadzonego do jej wnętrza oraz niekiedy tlącego knota założonego na koniec lontu. Ścieżka prochowa lontu przenosi płomień do otworu w miseczce spłonki, co wywołuje detonację.

zapalnik magnetyczny, zapalnik zbliżeniowy typu pasywnego, stosowany w morskich minach magnetycznych, torpedach itp., przeznaczonych do rażenia celów nawodnych i podwodnych. Działanie z.m. oparte jest na wykorzystaniu zjawiska zaburzenia pola megnetycznego Ziemi przez cel ferromagnetyczny. Na skutek zmiany *strumienia magnetycznego* pod wpływem celu w cewce indukcyjnej układu *zapłonowego z.m.* indukuje się siła elektromagnetyczna, która uruchamia układ zapłonowy *i wywołuje wybuch* ładunku bojowego miny.

zapalnik mechaniczny, zapalnik o konstrukcji mechanicznej. Rozróżnia się z.m. uderzeniowe i czasowe. Działanie z.m. uderzeniowego następuje pod wpływem reakcji ze strony przeszkody lub sił bezwładności. Z.m. czasowy zaopatrzony jest w mechanizm zegarowy, uruchamiany w chwili strzału (zrzutu bomby itp.), który wywołuje wybuch ładunku bojowego po określonym czasie, zależnie od dokonanej *nastawy. Mechanizmy* zegarowe stosowane są również w z.m. uderzeniowych w *celu uzyskania odpowiedniej* dużej zwłoki w działaniu, np. w zapalnikach bombowych *lub saperskich.*

zapalnik miny, urządzenie służące do spowodowania wybuchu miny. Konstrukcja z.m. może być różna, a ich zasada działania może wykorzystywać różne zjawiska fizyczne. Najczęściej jednak do detonowania ładunku wybuchowego min stosowane są zapal-

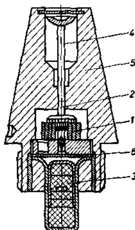
niki chemiczne i mechaniczne. Z.m. wkładany jest w odpowiedni otwór w obudowie miny. W zapalniku chemicznym siła nacisku stopy żołnierza lub gąsienicy wozu bojowego przekazywana jest za pomocą pokrywy miny na tzw. uderzacz, który powoduje zgniecenie ampułki szklanej z odpowiednim preparatem chemicznym. Wylewający się z ampułki preparat zapala odpowiednią substancję, a powstały ogień inicjuje detonację spłonki, ta zaś z kolei pobudza ładunek bojowy. Zapalnik mechaniczny jest kontaktowym zapalnikiem uderzeniowym. Składa się ze spłonki, przed którą, za pomocą ściśniętej sprężyny, napięta jest iglica. Iglica ta w stanie bojowym podtrzymywana jest przez zawleczkę, do której przymocowane są naciągi z cienkiego drutu lub sznurka. Wybuch miny z zapalnikiem mechanicznym następuje w chwili, gdy napięta iglica zostaje zwolniona i uderza w spłonkę. Dzieje się to wtedy, gdy idąca osoba zaczepi nogą za naciąg i wyciągnie zawleczkę.

zapalnik na podczerwień, patrz zapalnik optyczny.

zapalnik niekontaktowy, zapalnik wywołujący wybuch (działanie) pocisku bez kontaktu z celem. Do z.n. należą zapalniki parametryczne (programowe) zdalnie inicjowane i zbliżeniowe. Zasadnicza różnica pomiędzy nimi polega na tym, że zapalniki zdalnie inicjowane nie „wyczuwają" celu i wywołują wybuchy ładunków bojowych według zadanego przed strzałem programu, natomiast zapalniki zbliżeniowe niejako „widzą" cel i ustalają najbardziej właściwy moment wybuchu. Zapalniki zdalnie inicjowane działają na sygnał (np. radiowy) wysyłany w żądanej chwili przez strzelającego (stanowisko dowodzenia). Są to właściwie pewne układy odbiorcze reagujące pod wpływem określonych czynników fizycznych (wywołujących wybuchy pocisków, min itp.). Do z.n. parametrycznych można zaliczyć zapalniki czasowe barometryczne, hydrostatyczne, aerodynamiczne itp. Wszystkie one działają na skutek zmiany określonego parametru (czas, ciśnienie i inne), z chwilą gdy parametr ów osiągnie z góry ustaloną wartość, zadaną zapalnikowi przed strzałem. Zapalnik czasowy wywołuje wybuch ładunku po określonym czasie lotu pocisku od chwili strzału. Czas zadziałania zapalnika może być odmierzany bezpośrednio przez mechanizm zegarowy lub pośrednio za pomocą ścieżki pirotechnicznej o określonej długości, spalającej się z określoną prędkością. Zapalniki barometryczne, hydrostatyczne, aerodynamiczne działają z chwilą, gdy ciśnienie atmosferyczne, hydrostatyczne ciśnienie wody lub aerodynamiczne ciśnienie powietrza osiągną żądaną wartość, zadaną zapalnikowi przed strzałem (zrzutem bomby, torpedy, bomby głębinowej itp.). Zapalniki parametryczne wymagają dokonania w nich nastawy przed strzałem na żądaną wartość parametru. Zapalniki zbliżeniowe wywołują wybuchy pocisków z chwilą odpowiedniego zbliżenia się do celu. Eliminują one w pewnym stopniu rozrzut pocisków i reagują na cel przy najbardziej optymalnych warunkach zbliżenia. Spośród różnych zapalników zbliżeniowych najszersze zastosowanie znalazły zapalniki radiowe i optyczne.

zapalnik Nobla, zapalnik służący do pobudzenia detonacji nitrogliceryny stosowanej jako kruszący mat. wybuch. Oparty był na zastosowaniu w nim piorunianu rtęci. Skonstruowany został w 1867 r. i opatentowany w wielu krajach (patrz Pietruszewskij W.F.).

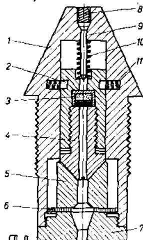
zapalnik o działaniu bezwładnościowym, zapalnik uderzeniowy, który inicjuje zapalenie lub wybuch ładunku wewnętrznego zawartego w pocisku (bombie) pod wpływem osiowych sił bezwładności, pojawiających się w czasie wnikania pocisku w przeszkodę. Czas działania z.o d.b., liczony od chwili zderzenia się pocisku z przeszkodą do chwili zapalenia (wybuchu) ładunku wewnętrznego, wynosi około 0,005 s. Podstawowym mechanizmem tego zapalnika jest mechanizm zapalający — bezwładnościowy. W jego skład



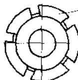
Zapalnik bez zabezpieczenia o działaniu natychmiastowym:
1 — taśma zabezpieczająca, 2 — iglica, 3 — spłonka pobudzająca, 4 — tłoczek, 5 — kadłub zapalnika, 6 — podkładka

wchodzi bezwładnik (w postaci iglicy lub obsady spłonki), unieruchomiony do chwili strzału przez odpowiedni układ zabezpieczający. Z.o d.b. mogą być głowicowe lub denne. Znajdują one szersze zastosowanie w pociskach o różnym przeznaczeniu. Mechanizmy zapalające — bezwładnościowe — często stosowane są w zapalnikach wielonastawnych, łącznie z innymi mechanizmami (np. wtłoczeniowymi lub czasowymi), w celu uzyskania różnych efektów wybuchu pocisków.

zapalnik o działaniu natychmiastowym, zapalnik uderzeniowy, który wywołuje zapalenie lub wybuch wewnętrznego ładunku w pocisku (bombie itd.) w chwili zetknięcia się z przeszkodą. Zapalniki te z reguły są głowicowe zaopatrzone w mechanizmy wtłoczeniowe (zapalniki mechaniczne) lub kontakty stykowe (zapalniki elektryczne). W skład każdego mechanizmu wtłoczeniowego wchodzi tłoczek i iglica, które mogą być łączone na sztywno lub *tylko stykać się ze sobą. Do chwili* strzału mechanizm zabezpieczony jest przez odpowiedni bezpiecznik. W z.o d.n. ważna jest tzw. czułość i szybkość działania u celu. Czułość (zdolność do reagowania z przeszkodą o możliwie najmniejszej wytrzymałości) zależy od ciężaru tłoczka i jego średnicy. Im mniejszy ciężar i większa powierzchnia styku z przeszkodą, tym większa czułość zapalnika. Szybkość działania zapalnika, którą miarą jest czas *liczony od chwili zetknięcia się z przeszkodą* do chwili wybuchu pocisku, zależy głównie od odległości pomiędzy grotem iglicy i spłonką. Szybkość wzrasta w miarę zmniejszania się tej odległości. Z.o d.n. są stosowane w pociskach odłamkowych, odłamkowo-burzących, kumulacyjnych, dymnych, chemicznych i innych.

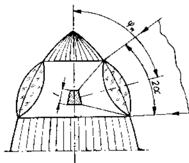






Zapalnik głowicowy bez zabezpieczenia o działaniu bezwładnościowym:
1 — kadłub zapalnika, 2 — bezpiecznik odśrodkowy, 3 — spłonka zapalająca, 4 — obsada spłonki, 5 — bezwładnik bocznego działania, 6 — bezpiecznik łapkowy, 7 — wkrętka denna, 8 — korek, 9 — iglica, 10 — sprężyna iglicy, 11 — sprężyna bezpiecznika

zapalnik optyczny, zapalnik zbliżeniowy inicjujący wybuch głowicy bojowej pod wpływem promieniowania podczerwonego. Ze względu na stosowany układ optyczny, skupiający promieniowanie podczerwone, zapalniki te nazywa się optycznymi (niekiedy również zapalnikami na podczerwień). Z.o. mogą być typu aktywnego i pasywnego. Najczęściej spotykane są z.o. typu pasywnego. Działanie z.o. pasywnych następuje pod wpływem promieniowania podczerwonego emitowanego przez cel (np. samolot). Promieniowanie podczerwone docierające do układu optycznego zapalnika (może to być układ soczewkowy lub lustrzany) zostaje skupione i skierowane na element światłoczuły (np. fotoopór). Zmiana parametrów fotoelementu pod wpływem promieniowania podczerwonego powoduje wytworzenie sygnału inicjującego w układzie elektrycznym zapalnika. Po wzmocnieniu sygnał trafia do obwodu zapłonowego i z chwilą gdy natężenie promieniowania podczerwonego (a zatem i napięcia sygnału) osiągnie wartość niezbędną do zapalenia zapłonu w obwodzie elektrycznym następuje wybuch ładunku bojowego, zawartego w głowicy. Z.o. stosuje się przeważnie w pociskach rakietowych klasy ,,ziemia-powietrze" oraz pociskach klasy ,,powietrze-powietrze".



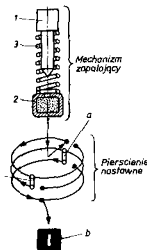
Schemat zapalnika optycznego z układem soczewkowym:
l — długość słoja fotoczułego, 2α — kąt ,,widzenia" zapalnika, φ_w — zasadniczy kierunek reagowania zapalnika (dobierany odpowiednio do zasadniczego kierunku rażenia głowicy anizotropowej)

zapalnikowe przewody, sporządzane są zazwyczaj z miękkiego ocynkowanego drutu stalowego lub z drutu miedzianego. Grubość drutu stalowego wynosi 0,58 mm, zaś drutu miedzianego 0,48 mm. Długość z.p. wynosi co najmniej 1,5 m, najczęściej 2 m. Przewody te pokryte są kolorową izolacją z tworzywa sztucznego (np. z polichlorku winylu). Końcówki na długości około 30 mm są odizolowane gdyż służą do łączenia zapalników elektrycznych między sobą oraz z przewodami strzałowymi. Kolor masy izolacyjnej przewodów jest różny dla różnych typów zapalników elektrycznych. Zapalniki elektryczne czasowe każdy z przewodów mają w innym kolorze. Z uwagi na mniejszą oporność przewody miedziane są znacznie lepsze od przewodów z drutu stalowego i pozwalają na odpalenie w jednej serii, korzystając z danego źródła prądu, większej ilości zapalników elektrycznych. Z tego powodu przewody miedziane stosuje się w tych przypadkach, gdy konieczne jest obniżenie oporu obwodu strzałowego. Opór 1 mb przewodu stalowego wynosi średnio 0,41 oma i nie może przekraczać 0,50 oma, zaś miedzianego 0,07 oma i nie może przekraczać 0,10 oma.

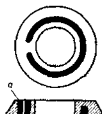
zapalnik piezoelektryczny, zapalnik (pocisku rakietowego, artyleryjskiego lub granatu), którego zasada działania polega na wykorzystaniu tzw. efektu piezoelektrycznego w niektórych materiałach (np. piezokwarc, tytanian baru), czyli zmiany ładunku elektrycznego pod wpływem działania siły na element wykonany z odpowiedniego materiału. Jeśli dwie przeciwległe powierzchnie takiego elementu połączone zostaną obwodem elektrycznym i ściśnięte, to w obwodzie popłynie prąd elektryczny. Z.p. stosowane są w niektórych nowszych pociskach i granatach, zwłaszcza przeciwpancernych kumulacyjnych. Cechuje je duża szybkość działania (krótki czas zwłoki).

zapalnik pirotechniczny, zapal-

nik czasowy, w którym wymagany czas zadziałania uzyskuje się dzięki spaleniu ścieżki, wykonanej z masy pirotechnicznej, o określonej długości. Zapalenie ścieżki pirotechnicznej następuje w chwili strzału (po zrzucie bomby) przez mechanizm zapalający. Zmieniając długość ścieżki pirotechnicznej można uzyskać różny czas zadziałania zapalnika. Ścieżki pirotechniczne wykonywane są z prochu czarnego (ścieżki prochowe) lub z różnych mieszanin pirotechnicznych. Prędkość palenia się ścieżek z prochu czarnego wynosi około 1 cm/s przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym, natomiast prędkość palenia się ścieżek wykonanych z mieszanek małogazowych wolnopalnych wynosi *0,3—0,5 cm/s. Ścieżki uzyskuje się* w wyniku zaprasowania masy pirotechnicznej w odpowiednie rowki *wykonywane w pierścieniach* nastawczych urządzenia czasowego z.p. W celu zwiększenia długości ścieżki z masy pirotechnicznej (czasu działania



Schemat palenia się ścieżki pirotechnicznej:
1 — iglica, 2 — spłonka zapalająca, 3 — sprężyna; a) łącznik pirotechniczny, b) wzmacniacz prochowy



Pierścień nastawczy:
a) łącznik pirotechniczny

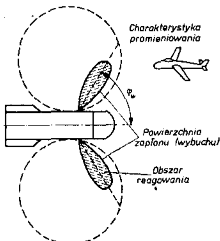
z.p.) często stosuje się połączone dwa pierścienie ruchome, które można obracać *względem pierścienia nieruchomego*. Działanie z.p. rozpoczyna się w chwili strzału, gdy pod wpływem *osiowej siły bezwładności* iglica nakłuwa spłonkę zapalającą, od której zapala się ścieżka pirotechniczna w górnym pierścieniu nastawczym. Podczas lotu pocisku na torze ścieżka pali się w poszczególnych pierścieniach (zgodnie z przedstawionym na rys. schematem), a wytwarzające się przy tym gazy przedostają się pod kaptur zapalnika przez odpowiednie otwory w nakrętce dociskającej pierścienie, skąd uchodzą na zewnątrz przez otwory boczne w kapturze balistycznym. Wadą z.p. są dość duże wahania czasu ich działania. Rozrzut ten spowodowany jest przede wszystkim zmianą ciśnienia atmosferycznego wraz z wysokością lotu pocisku. Ma to bardzo istotne znaczenie w przypadku stosowania z.p. *w artylerii przeciwlotniczej* o dużym pułapie ognia. Na wysokościach ponad 8 km ścieżki *pirotechniczne* wskutek *znacznego* spadku ciśnienia przeważnie gasną. Mimo tych wad z.p. znajdują dość szerokie zastosowanie w artylerii naziemnej oraz w artylerii przeciwlotniczej o niskim pułapie ognia.

zapalnik pneumatyczny, zapalnik uderzeniowy, głowicowy, wyposażony w mechanizm wtłoczeniowo-pneumatyczny, składający się z tłoczka i cylindrycznej obsady spłonki zapalającej. Do chwili strzału tłoczek utrzymywany jest przez bezpiecznik w kształcie

miseczki z kołnierzem. Podczas zderzenia z przeszkodą przepona osłaniająca tłoczek na torze lotu pocisku zostaje zniszczona, zaś tłoczek przemieszcza się — pod wpływem reakcji przeszkody — w kierunku spłonki. Na skutek gwałtownego sprężenia powietrza zawartego w swobodnej przestrzeni obsady następuje jego nagrzanie do temperatury zapłonu spłonki. Płomień od spłonki zapalającej może przenikać bezpośrednio do spłonki pobudzającej (działanie natychmiastowe) lub przez opóźniacz prochowy (działanie ze zwłoką).

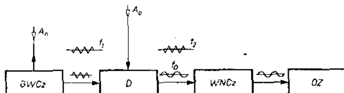
zapalnik programowy, patrz zapalnik niekontaktowy.

zapalnik radiowy, zapalnik zbliżeniowy działający pod wpływem energii pola elektromagnetycznego. Z.r. może być aktywny, pasywny, półkontaktowy, zależnie od tego, gdzie znajduje się źródło energii elektromagnetycznej: w pocisku, w celu lub poza pociskiem i celem. Praktyczne zastosowanie z reguły znajdują zapalniki radiowe typu aktywnego. Ze względu na zasadę działania rozróżnia się z.r. działające pod wpływem efektu *Dopplera*, impulsowe oraz z modulacją częstotliwości. Z.r. dopplerowskie reagują na cel przy określonej odległości i kierunku (odmierzanym względem osi symetrii pocisku), dzięki czemu znajdują szerokie zastosowanie w pociskach (głowicach, bombach) odłamkowych i odłamkowo-burzących. Z.r. impulsowe oraz z modulacją częstotliwości „wyczuwają" jedynie odległość do celu, dlatego znajdują zastosowanie przeważnie w pociskach klasy „ziemia-ziemia" lub „powietrze-zie-



Schemat obszaru reagowania zapalnika radiowego:
α — zasadniczy kierunek reagowania zapalnika, dobierany odpowiednio do zasadniczego kierunku rażenia głowicy bojowej



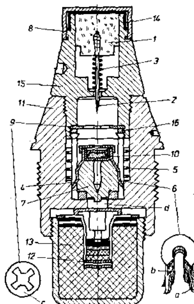


Schemat blokowy zapalnika radiowego typu dopplerowskiego:
A_n — antena nadawcza, A_o — antena odbiorcza, GWCz — generator wielkiej częstotliwości, D — detektor, WNCz — wzmacniacz niskiej częstotliwości, OZ — obwód zapłonowy

mia". Jedną z wad z.r. jest możliwość przedwczesnego zadziałania pod wpływem zakłóceń (aktywnych i pasywnych) stwarzanych przez nieprzyjaciela. Dla przeciwdziałania zakłóceniom w z.r. stosuje się odpowiednie układy przeciwzakłóceniowe.

zapalnik uderzeniowy, zapalnik *kontaktowy działający przy uderzeniu* pocisku (bomby, torpedy) w przeszkodę (cel). Z.u. mogą być mechaniczne, elektryczne i chemiczne, o działaniu natychmiastowym, bezwładnościowym lub ze zwłoką. Z.u. o *działaniu* natychmiastowym wywołuje wybuch prawie natychmiast po zetknięciu się *pocisku z przeszkodą*. Czas zadziałania tych zapalników wynosi 0,001—0,0005 s. Są to z reguły zapalniki głowicowe zaopatrzone w mechanizmy wtłoczeniowe, działające pod wpływem *reakcji przeszkody*. Z.u. *o działaniu* bezwładnościowym wywołuje wybuch ładunku bojowego, z chwilą gdy *pocisk* wniknie w przeszkodę na stosunkowo niewielką głębokość. Czas ich działania wynosi średnio *0,005 s*. Z.u. ze zwloką wywołuje wybuch pocisku po pewnym czasie od *momentu uderzenia w przeszkodę (pocisk* może wniknąć w tym czasie na znaczną głębokość w przeszkodę). Czas działania tego zapalnika może wynosić od kilku setnych części sekundy do kilku, a nawet kilkudziesięciu godzin (np. zapalniki opóźnionego działania stosowane w bombach *lotniczych*). Zwłoka *może być* stała lub zmienna (automatyczna). Stałą zwłokę uzyskuje się przeważnie przez zastosowanie opóźniaczy pirotechnicznych lub gazodynamicznych, zwłokę zmienną *stosując rozwiązania* mechaniczne lub mechaniczno-pirotechniczne (patrz zapalnik ze zwłoką).

zapalnik wielonastawny, zapalnik umożliwiający uzyskanie różnych efektów działania pocisku odpowiednio do rodzaju zwalczanych celów. Z.w. mogą mieć różne mechanizmy zapalające (*wtłoczeniowe, bezwładnościowe*, czasowe itd.) w zależności od rodzaju pocisku (bomb itd.), w których znajdują się. Na rys. przedstawiono *zapalnik artyleryjski uderzeniowy* o dwóch nastawach, umożliwiający uzyskanie działania natychmiastowego lub bezwładnościowego, wyposażony w mechanizm wtłoczeniowy i bezwładnościowy. *W skład mechanizmu wtłoczeniowego* wchodzi tłoczek z iglicą, natomiast mechanizm bezwładnościowy składa się z obsady spłonki zapalającej i bezwładnika. Ładunek pobudzający (nazywany czasem detonatorem) wraz ze spłonką pobudzającą (detonującą) stanowią pobudzacz zapalnika. W chwili *strzału tłoczek* z iglicą *pod wpływem* osiowej siły bezwładności przemieszczają się do dołu pokonując opór sprężyny. Jednocześnie działa bezwładnik, który odgina łapki bezpiecznika

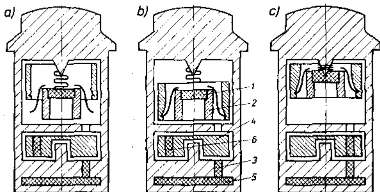


Zapalnik o dwóch nastawach (na działanie natychmiastowe i bezwładnościowe): 1 — tłoczek, 2 — iglica, 3 — sprężyna iglicy, 4 — bezwładnik, 5 — sprężyna bezwładnika, 6 — bezpiecznik łapkowy, 7 — obsada spłonki, 8 — kapturek, 9 — bezpiecznik torowy, 10 — spłonka, 11 — *kadłub*, 12 — spłonka *pobudzająca*, 13 — ładunek pobudzający, 14 — przepona, 15 — *główka zapalnika*, 16 — wkrętka bezpiecznika: a — łapki bezpiecznika, b — nacięcia, c — ząbki, d — kanał ogniowy

i blokuje sprężynę, przy czym łapki zaskakują w wytoczenie na wewnętrznej powierzchni bezwładnika. Bezpiecznik łapkowy zostaje połączony z obsadą spłonki za pomocą występów bezpiecznika, wchodzących pod kołnierz obsady, dzięki czemu bezwładnik poprzez łapki bezpiecznika łączy się również z obsadą. Przy wylocie z lufy sprężyna utrzymująca tłoczek rozpręża się i unosi go do pierwotnego położenia. Następnie bezwładnik wraz z bezpiecznikiem i obsadą spłonki zostaje uniesiony przez swoją sprężynę do oporu o ząbki bezpiecznika torowego. Przy zetknięciu się zapalnika (pocisku) z przeszkodą tłoczek zabezpieczony kapturkiem pozostaje na miejscu, natomiast obsada wraz z bezpiecznikiem przesuwa się w przód, odgina ząbki bezpiecznika i nakłuwa się na iglicę. Płomień powstający w spłonce zapalającej przedostaje się przez szczeliny między obsadą i bezpiecznikiem, a następnie przez kanał ogniowy w kadłubie, do spłonki pobudzającej, która wywołuje wybuch ładunku pobudzającego, a ten z kolei wybuchu ładunku zawartego w pocisku. Działanie zapalnika w celu będzie działaniem bezwładnościowym. Działanie natychmiastowe uzyskuje się przez zdjęcie (odkręcenie) kapturka przed strzałem. Wówczas w chwili zetknięcia się zapalnika z przeszkodą przepona ulegnie zgnieceniu, a tłoczek z iglicą zostanie przesunięty w kierunku spłonki, przy czym spłonka nakłuta przez iglicę zainicjuje wybuch ładunku kruszącego zawartego w pocisku. Jeżeli w miseczce pod spłonką pobudzającą zostanie umieszczony opóźniacz prochowy, to taki zapalnik będzie zapalnikiem ze zwłoką. Tego rodzaju zapalniki ze zwłoką stosowane są do strzelań odbitkowych.

zapalnik zbliżeniowy, zapalnik niekontaktowy, który wywołuje wybuch pocisku z chwilą zbliżenia się do celu na odległość skutecznego rażenia głowicy bojowej. Z.z. mogą działać pod wpływem różnych czynników fizycznych (np. energii elektromagnetycznej, energii fali akustycznej, zmiany natężenia pola magnetycznego itd.). Z.z. mogą być aktywne, półaktywne i pasywne.

zapalnik z całkowitym zabezpieczeniem, zapalnik, w którym spłonki zapalająca i pobudzająca są odizolowane od ładunku pobudzającego. Zapalniki te stosuje się przeważnie w pociskach działowych, rakietowych i moździerzowych dużych kalibrów.



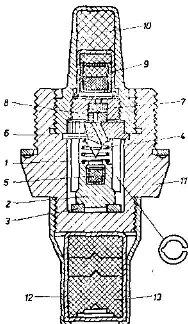
Schemat izolacji spłonek w zapalniku z całkowitym zabezpieczeniem:
a) przed strzałem, b) w chwili strzału, c) na torze lotu pocisku: 1 — spłonka zapalająca, 2 — obsada spłonki, 3 — łącznik pobudzający, 4 — obsada obrotowa spłonki pobudzającej, 5 — ładunek pobudzający, 6 — spłonka pobudzająca

zapalnik z częściowym zabezpieczeniem, zapalnik, w którym spłonka zapalająca izolowana jest od spłonki pobudzającej do chwili uzbrojenia zapalnika. W tym celu w zapalniku stosuje się odpowiednie rozwiązanie konstrukcyjne, które powinno zlokalizować ewentualne przedwczesne działanie spłonki zapalającej (pod wpływem *dużych sił bezwładności* podczas wystrzału) i nie dopuścić do tego, aby impuls ogniowy przeniknął do spłonki pobudzającej *lub* innego elementu ogniowego łańcucha zapalnika. Zapalniki te stosuje się zwykle w pociskach *działowych średnich kalibrów, napełnionych* materiałami kruszącymi.

zapalnik zdalnie inicjowany, *zapalnik, który inicjuje działanie* (wybuch) ładunku wewnętrznego w pocisku (minie itp.) na sygnał przekazywany *z pewnej odległości. Z.z.i.* stanowią pewne układy, których budowa zależy od rodzaju energii wykorzystywanej *do uruchomienia obwodu* zapłonowego zapalnika, np. energia elektryczna przekazywana przewodowo lub *energia pola elektromagnetycznego.* Odpowiedni moment przekazania sygnału inicjującego może być ustalony *różnymi metodami, np. za pomocą* odpowiednich urządzeń śledzących pocisk (bombę, minę, torpedę itd.) *i ruchu celu.*

zapalnik zegarowy, zapalnik czasowy mechaniczny, którego czas *działania odmierzany jest przez mechanizm* zegarowy. Mechanizm zegarowy uruchamiany jest podczas strzału lub *zrzutu bomby i działa pod wpływem* energii dostarczonej mu przez napęd. Najczęściej stosowany jest napęd w *postaci płaskich sprężyn spiralnych.* Z.z. czasowe zegarowe są stosowane głównie w artylerii, bombach lotniczych i minach. W pewnych rodzajach pocisków (np. pociski klasy „ziemia-powietrze") mechanizmy zegarowe stosuje *się* do samolikwidacji pocisków po określonym czasie ich lotu.

zapalnik ze zwłoką, zapalnik, który wywołuje zapalenie lub wybuch ładunku bojowego po upływie pewnego czasu od chwili zderzenia się pocisku (bomby itd.) z przeszkodą lub po umieszczeniu ładunku (bomby itd.) w określonym miejscu. Zwłoka w działaniu zapalnika może być uzyskana na drodze pirotechnicznej (palenie się opóźniaczy pirotechnicznych w pewnym czasie), mechanicznej (np. przez zastosowanie pewnych układów opóźniających lub mechanizmów zegarowych), chemicznej (zależnej od czasu reakcji chemicznej) itd. Zwłoka może być stała lub zmienna. Stałą zwlokę *w zapalnikach uderzeniowych* można uzyskać przez zastosowanie różnych opóźniaczy (pirotechnicznych lub *gazodynamicznych*), *zwłokę zmienną natomiast* (automatyczną) przez odpo-



Zapalnik denny o działaniu bezwładnościowym ze zwłoką automatyczną:
1 — bezpiecznik, 2 — obsada spłonki, 3 — podkładka, 4 — sprężyna, 5 — spłonka zapalająca, 6 — iglica, 7 — opóźniacz pirotechniczny, 8 — krążek bezwładnościowy, 9 — spłonka pobudzająca, 10 — ładunek pobudzający, 11 — kadłub, 12 — osłona ładunku smugowego, 13 — ładunek smugowy

wiednie wykorzystanie sil bezwładności występujących podczas wnikania pocisku w przeszkodę. Przedstawiony na rys. z.z.z. jest zapalnikiem z automatyczną zwłoką, przeznaczonym do pocisków przeciwpancernych zwykłych. Zapalnik uzbraja się w czasie strzału pod wpływem przyspieszenia osiowego pocisku, w wyniku którego bezpiecznik, w kształcie rozciętej tulejki, przesuwa się do dołu i łączy z obsadą spłonki. W chwili zderzenia pocisku z płytą pancerną obsada wraz z bezpiecznikiem przesuwa się gwałtownie do przodu pod wpływem siły bezwładności, w wyniku czego iglica nakłuwa, a tym samym powoduje zapalenie spłonki, od której płomień przedostaje się do opóźniacza prochowego poprzez skośny otwór w iglicy i mimośrodowy otwór w krążku bezwładnościowym. Czas palenia się opóźniacza (zwłoka w działaniu zapalnika) zależy od stopnia jego sprasowania przez krążek (proch bardziej sprasowany pali się wolniej), czyli od reakcji pancerza. Po wypaleniu opóźniacza działa spłonka pobudzająca, która poprzez pobudzacz powoduje detonację materiału kruszącego, zawartego w pocisku.

zapał, mały otwór w dawnej *odprzodowej broni palnej, zarówno* ręcznej, jak i ciężkiej, umieszczony w tylnej części lufy; umożliwiał doprowadzenie ognia do ładunku. W broni ręcznej XV w. z. znajdował się początkowo w górnej części lufy, później z prawej strony przy panewce zamka, natomiast w działach umieszczany był zawsze na górnej powierzchni lufy.

zapał elektryczny, spłonka elektryczna zapalająca, elektrozapal, urządzenie zapalające stosowane w zapalnikach elektrycznych, czasem używane także w pracach minerskich. Rozróżnia się z.e. mostkowe, oporowe i iskrowe. W skład dowolnego z.e. wchodzą dwie elektrody otoczone masą zapałową. Działanie (zapalenie) z.e. mostkowego następuje wskutek nagrzewania mostka, utworzonego z cienkiego drucika oporowego, przez przepływający prąd. W z.e. oporowych nagrzaniu i zapaleniu ulega sama masa zapałowa, która stawia duży opór przepływającemu prądowi. W z.e. iskrowych zapalenie masy następuje wskutek działania iskry pojawiającej się między elektrodami przy odpowiednio dobranej różnicy potencjałów. Przez połączenie z.e. z pewną ilością materiału kruszącego uzyskuje się spłonkę elektryczną pobudzającą (detonującą), nazywaną w górnictwie i minerstwie zapalnikiem elektrycznym.

zapłon, zapoczątkowanie rozprzestrzeniania się procesu spalania materiału pędnego (np. mieszanki paliwowej w silniku spalinowym, rakietowego materiału pędnego w silniku rakietowym) lub ładunku prochowego w naboju.

zapłon chemiczny, samoczynny zapłon paliwa w silniku rakietowym na paliwo płynne przy zetknięciu się strumieni substancji palnej i utleniacza, wtryskiwanych do komory spalania.

zapłon elektryczny, zapłon za pomocą iskry elektrycznej lub elektrycznego układu mostkowego, stosowany w zapalnikach i silnikach rakietowych.

zapłonienie, jednoczesne wywołanie reakcji w całej mieszaninie gazowej. „Jednoczesne" nie można rozumieć dosłownie, gdyż nie należy oczekiwać, aby szybka reakcja nawet przy całkowicie równomiernych warunkach makroskopowych doświadczenia we wszystkich miejscach przestrzeni rozpoczynała się rozwijając dokładnie w tej samej chwili i z tą samą prędkością. Inaczej mówiąc z. oznacza rodzaj przebiegu reakcji, w której prawdopodobieństwo rozpoczęcia jej, oceniane według makroskopowych wielkości stanu (ciśnienie, temperatura itd.) jest jednakowo wielkie we wszystkich miejscach. W tabeli podano dolne i górne granice zapłonienia w zależności od składu procentowego poszczególnych gazów i par w powietrzu lub tlenie.

zapłonienie prochów (lub stałego paliwa rakietowego), proces przejściowy wiodący do spalania stałego. W naj-

Dolne i górne granice zapłonienia zależności od składu procentowego ***gazów i par w powietrzu lub tlenie***

Gaz lub para	Granice zapłon. w powietrzu (%)		Granice zapłon. w tlenie (%)	
	dolna	górna	dolna	górna
Wodór	4,1	74	4,0	94
Dwusiarczek węgla	1,25	44	—	—
Amoniak	26,0	27	15	79
Metan	5,3	14	5,4	59
Etan	3,2	12,5	—	—
Propan	2,4	9,5	—	—
Butan	1,9	8,4	—	—
Etylen	3,0	29,0	3,1	80
Acetylen	2,5	80,0	—	—
Benzen	1,4	6,7	—	—
Metanol	7,3	36,0	—	—
Etanol	4,3	19,0	—	—

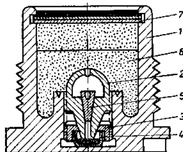
prostszym przypadku zapłonienie jest to doprowadzenie energii do powierzchni spalania ze źródła zewnętrznego celem wytworzenia stanu chemicznego i cieplnego, zbliżonego do stanu odpowiadającego spalaniu stałemu. System zapłonienia odpowiada warunkom spalania paliwa, jeśli energia będzie przekazywana z odpowiednią prędkością w *ilości wystarczającej do* tego, aby dojść dostatecznie blisko do końcowego stanu spalania stacjonarnego. Przy usunięciu źródła zapłonienia występuje nieprzerwany, normalny proces spalania. Jeśli doprowadzenie energii od źródła zapalającego nie odpowiada danemu paliwu, *to przy przejściu* do spalania stacjonarnego mogą wystąpić takie zjawiska jak: przedwczesne zapłonienie, duże ciśnienie, *opóźnienie zapłonienia. Z.p.* działowego lub stałego paliwa rakietowego przeprowadza się zwykle za pomocą niewielkiego ładunku prochu czarnego, a czasem stosuje się do tego celu tlenki metali, odpowiednie mieszaniny pirotechniczne czy nitrocelulozę. Przenoszenie energii do powierzchni ładunku następuje w zasadzie za pomocą przewodnictwa cieplnego i konwekcji od gorącego gazu zapłonnika, promieniowania od gorącego gazu i rozżarzonych cząstek stałych, a także *zderzenia gorących stałych* cząstek zapłonnika z powierzchnią paliwa. Stosowanie prochu czarnego stwarza warunki sprzyjające wszystkim trzem sposobom przenoszenia energii. Stosowanie zapłonników z tlenkami, które nie wytwarzają dymu, nie daje możliwości konwekcyjnej wymiany ciepła od gazu. Efektywność tego typu zapłonnika spowodowana jest obecnością gorących cząsteczek stałych, *zderzających się z powierzchnią prochu*, i prawdopodobnie promieniowaniem od gorących cząstek. Jeżeli w charakterze źródła energii zapłonienia stosowana jest nitroceluloza lub wybuchowa mieszanina gazowa, to nie występują twarde cząsteczki i intensywność promieniowania wy*twarzanego przez gaz jest* niższa. Przewodnictwo cieplne od gorącego gazu będzie tu podstawowym sposobem doprowadzania energii do powierzchni prochu. Wpływ ciśnienia na proces zapłonienia jest bardziej złożony. Wysokie ciśnienia prowadzą do wzrostu współczynników promieniowania gazów zapłonnika, powiększając w ten sposób przenoszenie energii promieniowania, lecz w niewielkim *stopniu wpływają na przewodnictwo* cieplne przez cząsteczki twarde. Wzrostowi ciśnienia towarzyszy turbulentność gazów, która może silnie oddziaływać na konwekcyjne przenoszenie energii; turbulentność ta zależy od geometrii zapłonnika i ładunku. Prawdopodobnie najsilniejszy wpływ ciśnienia na proces z.p. występuje przy przejściu do spalania stacjonarnego

zapłon katalityczny, zapłon w *silniku rakietowym na paliwo płynne*, wywołany zetknięciem się paliwa z katalizatorem.

zapłon ładunku, patrz zapłon prochu.

zapłonnik, urządzenie służące do zapalenia ładunku miotającego w nabojach działowych lub ładunku na-

pędowego w pociskach rakietowych. Z. zapala ładunek miotający w sposób mechaniczny (przez uderzenie grotu iglicy) lub elektryczny (przepływ prądu przez zapal elektryczny). Z. mechaniczny wkręcany jest (lub ustawiony na wcisk) w otwór znajdujący się w dnie łuski lub w otwór zamka (w nabojach składanych woreczkowych). W kadłubie z. uderzeniowego mieści się spłonka zapalająca, kowadełko, uszczelniacz i ładunek z prochu czarnego. Uderzenie grotu iglicy w z. powoduje jego odkształcenie, w wyniku czego spłonka dociskana do kowadełka zapala się. Gazy powstające przy spalaniu spłonki unoszą uszczelniacz, przenikają do ładunku prochowego i powodują jego zapalenie. Ładunek prochowy z. zapala z kolei podsypkę prochową, która zapala zawarty w łusce ładunek miotający. Wzrastające ciśnienie gazów wewnątrz z. dociska uszczelniacz do gniazda w kowadełku i zapobiega ewentualnemu przerywaniu się gazów do tyłu w razie powstania szczeliny w kadłubie zapłonnika w miejscu uderzenia grotu iglicy. W skład z. elektrycznego wchodzi zapal elektryczny (spłonka elektryczna) połączony z ładunkiem prochowym (czasem oba elementy stanowią jedną całość). Działowe z. elektryczne mają kształt zbliżony do zapłonników mechanicznych.



Budowa zapłonnika:
1 — kadłub, 2 — kowadełko, 3 — obsada spłonki, 4 — spłonka, 5 — uszczelniacz, 6 — cylinderki prochowe, 7 — krążek zamykający

zapłonnik cierny, urządzenie powodujące powstanie płomienia przy przesuwaniu się elementu ruchomego po powierzchni masy pirotechnicznej. Stosowany jest do zapału mas pirotechnicznych w środkach sygnalizacyjnych, dymnych itp.

zapłonnik elektryczny, urządzenie inicjujące, pod wpływem impulsu elektrycznego, reakcję egzotermiczną znajdujących się w nim substancji chemicznych (proch czarny, inicjujące mat. wybuch.).

zapłonnik Nordenfelda, środek zapłonowy służący do przekazania ognia ładunkowi prochowemu nabojów zespolonych do armat małego kalibru. Składa się z miseczki z masą zapłonową oraz kapturka tworzącego kowadełko z otworami do przejścia ognia. Uderzenie iglicy wtłacza dno spłonki, na skutek czego ulega rozbiciu miseczka. Masa z.N. zderza się z kowadełkiem i w rezultacie tego następuje zadziałanie zapłonnika.

zapłonnik opóźnionego działania, zapłonnik stosowany w wielostopniowych napędach rakietowych w celu zapłonu silników kolejnych stopni lub rozłączania stopni po upływie odpowiedniego czasu. Do odmierzania czasu stosuje się ścieżki prochowe, mechanizmy elektryczne i zegarowe.

zapłonnik uderzeniowy, środek zapłonowy służący do przekazania ognia ładunkowi prochowemu w łuskach nabojów do dział średnich i większych kalibrów, działający pod wpływem uderzenia iglicy. Składa się z kadłuba, spłonki zapalającej, kowadełka uszczelniacza, cylinderka prochowego i krążka zamykającego z folii metalowej. Przy uderzeniu iglicy następuje odkształcenie dolnej części kadłuba i dociśnięcie spłonki do kowadełka. W wyniku tego spłonka zapala się, zaś ogień od niej przedostaje się do cylinderków prochowych przez otwór w kowadełku (po przesunięciu uszczelniacza przez gazy, które wytwarzają się podczas palenia spłonki). Od palących się cylinderków następuje zapalenie ładunku miotającego zawartego w łusce. Z chwilą gdy ciśnienie

gazów prochowych w kadłubie z.u. odpowiednio wzrośnie, nastąpi ponowne *przesunięcie uszczelniacza i uniemożliwienie* przesuwania się gazów do tyłu przez ewentualne szczeliny, jakie mogą powstać w cienkim dnie kadłuba (groziłoby to poparzeniem obsługi działa).

zapłon pirotechniczny, zapłon stosowany do inicjowania reakcji spalania paliwa w silniku rakietowym. Ładunek zapłonowy (masa pirotechniczna) zapalany jest elektrycznie za pomocą *nagrzanego włókna lub zapłonnika.*

zapłon prochu, rozpoczęcie reakcji spalania ziarna prochowego przez nagrzanie jego warstwy przypowierzchniowej do tzw. temperatury zapłonu. Źródłem impulsu zapłonowego może być np. płomień gorących gazów, powstałych przy spalaniu podsypki prochowej, promieniowanie cieplne itp.

zaprasowanie na martwo, Dautriche badając zależność prędkości detonacji od wielu parametrów, m.in. od grubości i gęstości ładunku, stwierdził że jej maksimum osiąga się tylko przy *pewnej określonej* gęstości ładunku, następnie prędkość detonacji zaczyna spadać, wreszcie mat. wybuch. nie pozwala pobudzić się do detonacji. Mówi się wówczas, że materiał jest „zaprasowany na martwo" (śmiertelnie).

zastosowanie wybuchu w gospodarce narodowej, jednym ze współczesnych środków *oddziaływania na* materię jest wybuch. Wybuchowa obróbka często okazuje się najbardziej efektywna, niekiedy jedynie możliwa w celu osiągnięcia postawionego zadania. Pokojowe zastosowanie wybuchu jest bardzo różnorodne: rozdrabnianie skał, przesuwanie mas ziemnych, tłoczenie, utwardzanie, prasowanie metali, zgrzewanie, synteza nowych materiałów i wiele innych. Za pomocą *wybuchu osiągane* są rekordowe ciśnienia, temperatury, pola magnetyczne, strumienie światła. Wybuch nie tylko sam stanowi interesujący obiekt badań, lecz często okazuje się niezastąpionym instrumentem w rękach badaczy. Fale uderzeniowe wytwarzane *wybuchem okazały się doskonałym* narzędziem roboczym, za pomocą którego realizuje się wiele procesów technologicznych, w szczególności w zakresie obróbki materiałów. Niezwykle duża prędkość, z jaką przykładane jest ciśnienie do obrabianego wybuchowo materiału, powoduje, że atomy tego materiału wprowadzane *w intensywny ruch aktywizują się,* zaś siatka krystaliczna rozluźnia się. Dlatego w strukturze materiału, po przejściu fali uderzeniowej, pojawia się wiele różnego typu defektów (dyslokacji). Koncentracja ich jest na tyle duża, że innymi metodami oddziaływania na materię trudno byłoby ją osiągnąć. Za pomocą wybuchu można *wytworzyć koncentrację dyslokacji* równą tysiącom miliardów na powierzchni centymetra kwadratowego. Prędkość wielu procesów chemicznych i fizycznych ograniczona jest z powodu małej prędkości procesu dyfuzji. Dzięki intensywnemu odkształcaniu się i wielkiej koncentracji niedoskonałości *siatki* krystalicznej znacznie wzrasta *prędkość procesów dyfuzyjnych.* Dlatego mówi się, że fala uderzeniowa aktywizuje ciało. W wyniku działania fali uderzeniowej część procesu przebiega bezpośrednio w czasie ściskania uderzeniowego, tzn. w ciągu milionowych części sekundy. Pozostałe z nich przebiegają po przejściu fali uderzeniowej i są wynikiem zmian, jakie zaszły *w materiale. Wszystko to pozwala* realizować różnorodne technologiczne procesy obróbki materiałów. Rolę wybuchu chemicznego w procesach technologicznych we współczesnym świecie można wyrazić następującą formułą: wybuch poszukuje, wydobywa i buduje, wybuch pomaga, tworzy i kruszy (fragmentuje, niszczy).

zawór pirotechniczny, *zawór* jednorazowego działania, uruchamiany siłą ciśnienia gazów prochowych, powstałych w wyniku spalania ładunków prochowych zapalanych elektrycznie. Stosowany jest w silnikach rakietowych na paliwo płynne w celu otwarcia

lub zamknięcia dopływu składników paliwa do komory silnika.

Zdrojek Tadeusz, ur. 1924 r., absolwent Uniwersytetu Warszawskiego ze specjalnością fizykochemii ciekłych mieszanin wieloskładnikowych (1952). Specjalista w dziedzinie technologii wytwarzania mat. wybuch. oraz technologii wytwarzania środków przeciwskażeniowych (stabilizatory do wyrobów wielkocząsteczkowych). Autor 38 publikacji naukowych, 53 opracowań naukowo-badawczych, 34 patentów. W latach 1953/54 opracował oryginalną metodę otrzymywania w przeciwprądowym układzie kolumnowym wielonitrowych pochodnych węglowodorów aromatycznych, w tym toluenu. Autor opracowania w skali laboratoryjnej i technicznej ciągłych metod wytwarzania asortymentu „O-N". Współautor oryginalnej metody przeciwprądowego suszenia asortymentu „W".

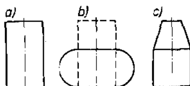
Zeldowicz Jakow Borisowicz, ur. 1914 r., fizyk radziecki, specjalista w dziedzinie chemii fizycznej, członek korespondent Akademii Nauk ZSRR od 1946 r. W latach 1935—39 wraz ze współpracownikami wyjaśnił mechanizm utleniania azotu w warunkach wybuchu. Wspólnie z J. B. Charitonem przedstawili obliczenie (jako pierwsi w literaturze fachowej) reakcji łańcuchowej rozpadu uranu (1940). W latach 1939—43 opracował teorię rozprzestrzeniania się płomieni i wyjaśnił mechanizm reakcji chemicznych w fali detonacyjnej.

Zembrzuski Mieczysław, ur. 1927 r., absolwent Politechniki Wrocławskiej (1952), doktorat na temat niektórych zagadnień balistyki wewnętrznej komór rakietowych na paliwo stałe (1961), praca habilitacyjna na temat spalania ziarna węgla przy skończonej wartości współczynnika nadmiaru powietrza (1970). Specjalista w zakresie teorii spalania, konwersji energii. Autor około 85 publikacji naukowych i około 15 patentów.

Zenftman Henryk, ur. 1900—(?), absolwent Politechniki Warszawskiej (1924/25). Ok. 1926 r. rozpoczął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*; pełnił funkcję zastępcy kierownika fabryki bawełny strzelniczej, następnie kierownika fabryki. W 1934 r. został jednocześnie kierownikiem budowy fabryki mas plastycznych (celuloidu) w *PWP w Pionkach*, następnie kierownikiem tej fabryki. W 1937 r. powołany został na stanowisko głównego chemika wytwórni. W czasie II wojny świat. i po jej zakończeniu przebywał w Anglii. Oprócz wielu innych opracowań złożył z inż. Wiktorem Czerwińskim patent na sposób oczyszczenia celulozy siarczynowej i sodowej, który wykorzystano przy budowie doświadczalnej fabryki nitrocelulozy. Ponadto uzyskał patent dotyczący wytwarzania tworzyw sztucznych.

zentralit, patrz centralit.

zgniotek, żargonowo kreszer, miedziany wałeczek niewielkich wymiarów (średnica i długość rzędu kilku mm), stosowany do pomiaru maksymalnego ciśnienia gazów prochowych w przewodzie lufy oraz w bombie manometrycznej za pomocą przyrządu zgniotkowego (patrz przyrząd zgniotkowy).



Zgniotki do pomiaru maksymalnego ciśnienia gazów prochowych:
a) cylindryczny w stanie nieodkształconym, b) cylindryczny po próbie (odkształcony), c) stożkowy

ziarno prochowe, pojedynczy element ładunku prochowego (napędowego) naboju broni palnej lub silnika rakietowego na paliwo stałe o odpowiednim kształcie i wymiarach. W broni palnej z.p. mają kształt rurki, taśmy, cylindra z kilkoma podłużnymi kanalikami, pręta, płytki, kulki itp. Z.p. stosowane w silnikach rakietowych nazywa się laskami prochowymi.

Mają one znacznie większe wymiary od z.p. stosowanych w broni palnej, a ich kształty mogą być bardzo różne. W komorze spalania silnika rakietowego na stały materiał pędny może być umieszczone od jednego do kilkunastu z.p. Kształt geometryczny ziarna zależy od żądanej zmiany powierzchni spalania, od której m.in. zależy ilość gazów wytwarzanych w jednostce czasu, a także ciśnienie w komorze spalania (przy stałym przekroju krytycznym dyszy wylotowej). Dzięki temu przy użyciu jednego rodzaju materiału pędnego można programować zmianę ciągu (w ograniczonym zakresie) w czasie pracy silnika (uzyskiwać ciąg stały, malejący lub rosnący). Rozróżnia się z.p. o spalaniu czołowym (długi czas spalania) i bocznym (krótki czas spalania). Aby uniemożliwić spalanie na niepożądanych powierzchniach, pokrywa się je warstwą materiału niepalnego, czyli tzw. inhibitora. Z.p. może być zbudowane z dwóch rodzajów stałego materiału pędnego o różnych charakterystykach spalania i wtedy istnieje możliwość uzyskania za pomocą jednej komory spalania dwóch zakresów pracy silnika: 1) zakresu startowego, gdy spala się część z.p. wykonana z materiału o dużej szybkości spalania (silnik wytwarza wówczas duży, ale krótkotrwały ciąg); 2) zakresu marszowego, gdy spala się część z.p. wykonana z materiału o małej szybkości spalania (silnik wytwarza wówczas ciąg mniejszy, ale dłużej działający).

Zieliński Bronisław Adam, 1902—1957, absolwent Wydziału Chemii Politechniki Lwowskiej (1925). Początkowo podjął pracę w Katedrze Fizyki B Polit. Lwowskiej, następnie w Katedrze Metalografii Akademii Górniczej w Krakowie. W latach 1926—32 pracował jako inżynier w zakładach przemysłowych, następnie jako rzeczoznawca w Centrali Odbioru Materiałów Uzbrojenia Ministerstwa Spraw Wojskowych. W 1933 r. rozpoczął pracę w *Fabryce Materiałów Wybuchowych w Bieruniu Starym* (*Sp. Akc. „Lignoza"*), kolejno w budowanej przez *Lignozę* fabryce w Pustkowie (od 1939). W czasie okupacji był wykładowcą w Państwowym Liceum Budowlanym w Jarosławiu. W 1945 r. podjął pracę w fabryce w Bieruniu Starym, w 1949 r. przeniesiony został do Wytwórni Chemicznej II w Krywałdzie, gdzie pracował aż do śmierci. M.in. opracował i uruchomił produkcję małokalibrowej amunicji nierdzewnej, masę zapalczą do wszelkiego rodzaju kapiszonów, nabojów bocznego ognia i przyrządów zapalających (wraz z inż. T. Kozłowskim).

Zinin Mikołaj, 1812—1880, *chemik* rosyjski; w 1833 r. ukończył Uniwersytet w Kazaniu. W 1837 r. został adiunktem i rozpoczął trzyletnie studia za granicą. Zwiedził wiele laboratoriów chemicznych i zakładów przemysłowych w Niemczech, Anglii i Francji. Po powrocie do Rosji w 1841 r. obronił pracę doktorską, w latach 1848—64 był profesorem chemii na Uniwersytecie w Petersburgu. Od 1842 r. prowadził prace badawcze nad nitrowaniem wielu substancji organicznych, zarówno szeregu tłuszczowego jak i aromatycznego, oraz nad reakcją substancji aromatycznych. Jest autorem wielkiego odkrycia na polu syntezy organicznej, mianowicie wytwarzania aniliny, którą po raz pierwszy otrzymał w wyniku redukcji nitrobenzenu. Samodzielnie przeprowadził nitrowanie gliceryny i otrzymał nitroglicerynę. Jako pierwszy zorientował się w charakterze zjawiska detonacji nitrogliceryny oraz w czynnikach powodujących jej detonację. Opracował sposób łatwego i niezawodnego powodowania detonacji nitrogliceryny. Użył w tym celu ładunku prochu czarnego hermetycznie zamkniętego w szklanej buteleczce, zaopatrzonej w lont zapalający. W latach wojny krymskiej (1853—56) rozwiązując zadania obronne wykonał pracę nad wytwarzaniem nitrogliceryny w większych ilościach, z zamiarem przekazania jej wojsku jako środka bojowego. Pracę tę podjął z doświadczonym generałem artylerii Wasilijem Pietruszewskim. Próbowali oni użyć nitroglicerynę do ładowania

pocisków artyleryjskich oraz min morskich.

Ziółko Mieczysław, ur. 1934 r., absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością technologia mat. wybuch. (1956). Specjalista w dziedzinie nitrozwiązków (głównie pochodnych toluenu, benzenu) i mat. wybuch. kruszących. Autor 9 patentów, 45 prac niepublikowanych, 21 prac publikowanych.

Ziółkowski Franciszek, ur. 1902 r., absolwent Politechniki Warszawskiej ze specjalnością technologia mat. wybuch. (1932). Po studiach podjął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu i Materiałów Kruszących w Zagożdżonie* (później *PWP w Pionkach*). Początkowo pracował w Centralnym Laboratorium, kolejno uruchamiał tam fabrykę mas *plastycznych (wyrób celuloidu)*, pełniąc stanowisko zastępcy kierownika fabryki. Od 1939 r. był pierwszym zastępcą kierownika fabryki prochów bezdymnych w *PWP w Pionkach*. Autor ok. 50 opracowań fachowych niepublikowanych, kilku patentów.

złoto wybuchające, związek opisany w skryptach alchemicznych XVII w. Był to zespolony związek tlenku złota z amoniakiem.

znak wybuchu, używane w artylerii umowne określenie położenia miejsca wybuchu w stosunku do celu. Z.w. dodatni oznacza, że wybuch nastąpił za celem, zaś ujemny — przed celem.

zniszczenia, wynik działania ładunków wybuchowych, ognia artyleryjskiego, bombardowań i broni jądrowej na obiekty. Z. dokonane przy użyciu broni jądrowej są nieporównywalne pod względem stopnia i zasięgu ze z. dokonanymi bronią klasyczną, a miarą ich skuteczności są strefy z. Rozróżnia się następujące strefy z.: centralną, pierwszą, drugą, trzecią i czwartą. Strefa centralna (z. całkowitych), część rejonu porażenia jądrowego, w której uległy całkowitemu zniszczeniu wszystkie naziemne i podziemne budowle oraz broń i sprzęt, znajdujące się w tym rejonie; powstaje wyłącznie przy naziemnym lub podziemnym wybuchu jądrowym. Strefa pierwsza (z. silnych), część rejonu porażenia jądrowego, w której zostały całkowicie zniszczone wszystkie budynki naziemne oraz broń i sprzęt znajdujący się na powierzchni tego rejonu. Strefa druga (z. ciężkich), część rejonu porażenia jądrowego, w której tylko częściowo uległy zdeformowaniu budowle o konstrukcji szkieletowej oraz większość broni i sprzętu. Strefa trzecia (z. średnich), część rejonu porażenia jądrowego, w której uległy silnemu i średniemu zniszczeniu część broni i sprzętu oraz budowle naziemne z wyjątkiem szkieletowych (mało zniszczone i uszkodzone). Strefa czwarta (z. lekkich), część rejonu porażenia jądrowego, w której budynki naziemne uległy średnim i małym z. oraz uszkodzona została część broni i sprzętu. Wielkość poszczególnych stref z. zależy od ciężaru (wagomiaru) użytej bomby jądrowej oraz rodzaju wybuchu (wybuch powietrzny, naziemny, podziemny).

zwalczanie wybuchowości mieszanin, walkę z niebezpieczeństwem wybuchu pyłu węglowego prowadzi się przez: ograniczanie ilości wytwarzanego pyłu i zmniejszanie jego lotności, zapobieganie możliwości zapoczątkowania wybuchu, przeciwdziałanie rozwojowi i rozprzestrzenianiu się powstałego wybuchu. Pomiar zapylenia powietrza w zakładach górniczych przeprowadza się sposobem konimetrycznym, określając liczbę ziarn pyłu o średnicy mniejszej od 5 mikrometrów w 1 m^3 powietrza. Problematyka ta normowana jest dokładnie przez przepisy Wyższego Urzędu Górniczego. Neutralizacja własności wybuchowych mieszanin parogazowych i pyłopowietrznych jest jednym z głównych kierunków w rozwiązywaniu zagadnienia lokalizacji i tłumienia wybuchów. Dodatki różnych materiałów mogą flegmatyzować układ palny, tzn. zmniejszać obszar zapłonu i prędkość palenia aż do przeistoczenia się w układ *niepalny*. *Wyróżniane są dwie grupy* flegmatyzatorów: cieplne (nie uczestniczące w reakcji) oraz inhibitory

(flegmatyzatory chemicznie czynne). Zastosowanie flegmatyzatorów do neutralizacji własności wybuchowych mieszanin parogazowych i pyłopowietrznych jest niezbędne w celu zapewnienia bezpieczeństwa wielu procesów technologicznych. Spośród urządzeń chroniących *oprzyrządowanie technologiczne* przed gwałtownym wzrostem ciśnienia mieszanin znano od 1942 r. tylko *membrany ochronne i wentyle*. W czasie wojny na wielu samolotach stosowano układy tłumienia wybuchów zbiorników z benzyną, w przypadku trafienia w nie pociskami zapalającymi. Podobny system opracowała po wojnie firma Fenwel w USA. Ostatnio podobne systemy stosuje się w wielu zakładach pracy. W celu lokalizacji wybuchu mieszanin metanopowietrznych i pylopowietrznych w przodkach górniczych, w ZSRR w latach 1955—56 opracowano zasłony łupkowe sprzężone z fotoelementem, reagującym na promieniowanie podczerwone. Przeciwdziałając rozprzestrzenianiu się wybuchu gazu i pyłu węglowego zaczęto stosować automatyczne zasłony ze składników flegmatyzujących. Elementami sterującymi zasłony są niskoinercyjne czujniki ciśnienia i temperatury. Systemy przeciwdziałania wybuchowi oparte są na ostrej kontroli dopuszczalnych, bezpiecznych koncentracji gazów wybuchowych *w budynkach przemysłowych* i urządzeniach. Ponadto stosowane są antyiskrowe i antywybuchowe *oprzyrządowania stanowisk pracy*. Wybuch przestaje być niebezpieczny, jeżeli uda się jednocześnie przeprowadzić *następujące czynności:* okrążyć zarodek wybuchu inhibitorem, wypuścić gazy w atmosferę w celu obniżenia ciśnienia, wytworzyć nieaktywną strefę przez nasycenie pomieszczenia inhibitorami oddalonymi od miejsca wybuchu (jako przeciwdziałanie jego rozprzestrzenianiu się), odgrodzenie źródła wybuchu od innych pomieszczeń, automatyczne przerwanie pracy stanowiska. Przy takiej wielowarstwowej ochronie może być zlokalizowany i wytłumiony dowolny wybuch. Jednakże stworzenie takiej ochrony, szczególnie *w dużych obiektach, jest zadaniem* technicznie bardzo trudnym.

związki dwuazowe, związki chemiczne, *z których tylko część posiada* własności wybuchowe, zwłaszcza inicjalne. Jednakże w większości przypadków są bardzo niebezpieczne w trakcie czynności manipulacyjnych. Jedynym ze z.d. mającym praktyczne zastosowanie jest dwuazodwunitrofenol, otrzymywany przez dwuazowanie kwasu pikrynowego. Ściślej, jest to dwunitrobenzenodwuazotlenek. Ma postać żółtych kryształków rozkładających się bez topnienia w temperaturze około 180°C.

związki endotermiczne, związki nie zawierające tlenu, które w warunkach wybuchu rozkładają się na swoje elementy składowe. Np. azydek ołowiu PbN_6 przy wybuchu rozkłada się na azot i ołów wydzielając energię równą energii jego tworzenia.

związki nitrowe, związki organiczne zawierające grupy funkcyjne nitrowe NO_2. Redukcja z.n. prowadzi do amin. Aromatyczne z.n. otrzymuje się przez nitrowanie odpowiednich pochodnych benzenu *kwasem* azotowym lub mieszaniną nitrującą, nitroparafiny w wyniku nitrowania w fazie *gorącej. Ważniejsze z.n. to: nitro*benzen, kwas pikrynowy, trójnitrotoluen (trotyl). Wielonitrowe związki *aromatyczne z grupą izobutylową* mają zapach piżma i są stosowane w perfumerii. Jedynym znanym z.n. występującym w przyrodzie jest chloromycetyna.

Zygmunt Bogdan, ur. 1947 r., absolwent Wojskowej Akademii Technicznej (1972), doktorat na temat zawiesinowych mat. wybuch. (1977). Specjalista w dziedzinie zastosowań mat. wybuch. w przemyśle. Opublikował 25 artykułów i referatów, współautor 5 patentów.

Ż

żelatyna wybuchowa, plastyczny mat. wybuch. składający się z 92—94% nitrogliceryny i 6—8% bawełny koloidalnej. W temperaturze poniżej 40°C ż.w. jest w znacznym stopniu elastyczna, zaś powyżej tej temperatury traci elastyczność i staje się tylko plastyczna. Ż.w. należy do najsilniejszych mat. wybuch. kruszących. Prędkość detonacji wynosi 7890 m/s, ciśnienie na froncie detonacji 200 000 kG/cm², temperatura gazów 4780°C, wydęcie w bloku ołowianym 550 ml. Dawniej stosowano ją do elaboracji pocisków o małej prędkości początkowej, dopóki nie stwierdzono wypadków wybuchu pocisków w lufie. Obecnie stosuje się ją wyjątkowo, np. do torpedowania otworów naftowych.

żelatynizacja nitrocelulozy, proces polegający na rozpuszczaniu nitrocelulozy w rozpuszczalnikach, w wyniku czego powstaje jednolita, twarda masa. Masa ta spala się równoległymi warstwami. Ż.n. może być realizowana za pomocą rozpuszczalników lotnych (np. mieszanina alkoholu i eteru, aceton) lub nielotnych (np. kamfora, centralit, nitrogliceryna, dwunitroglikol). Rozpuszczalniki nitrocelulozy dzieli się na czynne pod względem wybuchowym (np. nitrogliceryna, dwunitrodwuglikol) oraz nieczynne pod względem wybuchowym (np. lotny aceton, centralit).

żelatynizator, patrz rozpuszczalnik nitrocelulozowy.

żelazocyjanek potasowy, $K_3[Fe(CN)_6]$, sześciocyjanożelazian potasowy. Ciemnoczerwona substancja krystaliczna, dobrze rozpuszczalna w wodzie. Niezbyt trwały w roztworze zasadowym, jest silnym utleniaczem. Ogrzewany z rozcieńczonym kwasem siarkowym przechodzi w kwas sześciocyjanożelazowy, który stopniowo rozkłada się wraz z wydzielaniem cyjanowodoru HCN. Otrzymuje się go przez utlenienie chromem żelazocyjanku potasowego $K_4[Fe(CN)_6]$ w roztworze kwasu solnego. Stosowany jest w chemii analitycznej do wykrywania jonu Fe^{2+}, z którym tworzy ciemnogranatowy osad błękitu Turnbulla $Fe[Fe(CN_6)_2]$, a także w fotografii, do wyrobu mat. wybuch. oraz w przemyśle garbarskim i innych.

Żuliński Roman, dr filozofii Uniwersytetu Jagiellońskiego ze specjalnością mat. wybuch. W 1930 r. podjął pracę w *Państwowej Wytwórni Prochu w Pionkach*, gdzie objął stanowisko kierownika działu fizykochemicznego w Centralnym Laboratorium, pełniąc je do wybuchu II wojny świat.

żywość prochu, zdolność prochu w chwili początkowej do tworzenia gazów. Dalsze wytwarzanie gazów związane jest z panującym ciśnieniem oraz ze zmianą powierzchni prochu w czasie spalania. Przy jednakowym składzie proch cieńszy (karabinowy) będzie miał większą żywość niż proch gruby (armatni).